



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AMBIENTAL**

“Eficiencia de la biodegradación de residuos polietileno y poliestireno expandido
por acción de la oruga *Galleria Mellonella*, Lima - 2019”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera Ambiental

AUTORA:

Br. Carmen Patricia Espejo Morales (ORCID :0000-0002-4143-3449)

ASESOR:

Dr. Jhonny Wilfredo Valverde Flores (ORCID: 0000-0003-2526-112X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Tratamiento y Gestión de los residuos.

LIMA – PERÚ

2019

Dedicatoria

El presente trabajo de tesis está dedicado principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mi madre Salome Morales Paredes, por ser mi inspiración y el pilar más importante en mi vida y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional.

A mi padre Robert Juan Espejo Cercado, que a pesar de nuestra distancia física siento que estás conmigo siempre y por último dedico a todas las personas que me apoyaron para escribir y concluir esta tesis.

Agradecimiento

El presente trabajo de tesis tiene una colaboración y apoyo de mi asesor Dr. Ing. Jhonny Wilfredo Valverde Flores quien con su experiencia, conocimiento, paciencia y motivación logro en mí que pueda concluir la tesis.

También agradezco al Ing. Juan Peralta Medina quien fue un guía importante al empezar el presente trabajo de tesis.

Finalmente agradezco a la Universidad Cesar Vallejo por haberme dado la oportunidad de estudiar y de ser un gran profesional

Página del Jurado

Declaratoria de Autenticidad

Yo, Carmen Patricia Espejo Morales con DNI N° 75420959, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo, facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y autentica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presentan en la presenta tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como información aportada por lo cual me someto a la dispuesto en las normas académicas de la Universidad Cesar Vallejo.

Lima, Julio 10 del 2019



.....
Carmen Patricia Espejo Morales

DNI.75420959

Índice

Dedicatoria	ii
Agradecimiento.....	iii
Página del Jurado	iv
Declaratoria de Autenticidad	v
Índice.....	vi
Índice de Figuras.....	vii
Índice de Tablas	ix
Resumen	xi
Abstract	xii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MÉTODO	18
2.1Tipo y diseño de investigación.....	18
2.2Operacionalización de variables.....	19
2.3Población, muestra y muestreo.....	20
2.4Técnicas e instrumentos de recolección de datos, Validez y Confiabilidad.	20
2.5Procedimiento.....	21
2.6Método De Análisis de datos	40
2.7Aspecto Éticos.....	40
III.RESULTADOS.....	41
IV.DISCUSIÓN.....	75
V.CONCLUSIONES	78
VI.RECOMENDACIONES	79
REFERENCIAS	80
ANEXOS.....	86

Índice de Figuras

Figura 1:Recolección de la oruga <i>Galleria mellonella</i>	22
Figura 2: Oruga <i>Galleria mellonella</i> colocada en contenedores	22
Figura 3:Oruga <i>Galleria mellonella</i>	23
Figura 4:Oruga <i>Galleria mellonella</i>	23
Figura 5:Mecanismo de la Oruga <i>Galleria mellonella</i>	24
Figura 6: Polietileno (bolsa de plástico).....	25
Figura 7:Poliestireno expandido (tecnopor)	25
Figura 8:Invernadero acondicionado	26
Figura 9:Termohigometro	27
Figura 10:PI de la M2 del alimento para el tratamiento 1.....	28
Figura 11:PI de la M2 del PE para el tratamiento 1	28
Figura 12: PI de la M3 del alimento para el tratamiento 1	29
Figura 13:PI de la M3 de PE para el tratamiento 1.....	29
Figura 14:PI de la M4 del alimento para el tratamiento 1	29
Figura 15: PI de la M4 del PE para el tratamiento 1	29
Figura 16: PI de la M5 del PE para el tratamiento 1	30
Figura 17: PI de la M6 del PE para el tratamiento 1	30
Figura 18: PI de la M7 del PE para el tratamiento 1	30
Figura 19: PI de la M8 del PE para el tratamiento 1	30
Figura 20:PI de la M2 del alimento (cera) para el tratamiento 2.....	31
Figura 21: PI de la M2 del EPS para el tratamiento 2.	31
Figura 22:PI de la M3 del alimento (cera) para el tratamiento 2.....	31
Figura 23: PI de la M3 del EPS para el tratamiento 2.	31
Figura 24 :PI de la M4 del alimento (cera) para el tratamiento 2.....	32
Figura 25: PI de la M4 del EPS para el tratamiento 2.	32
Figura 26:PI de la M5 del EPS para el tratamiento 2.	32
Figura 27: PI de la M6 del EPS para el tratamiento 2.	32
Figura 28:PI de la M7 del EPS para el tratamiento 2.	33
Figura 29 PI de la M8 del EPS para el tratamiento 2.....	33
Figura 30:Muestra dentro del invernadero	33
Figura 31:Poliestireno expandido en contacto con la oruga <i>Galleria mellonella</i>	34
Figura 32:Polietileno en contacto con la oruga <i>Galleria mellonella</i>	34

Figura 33:Mecanismo del Análisis 1 (FTIR)	36
Figura 34:Mecanismo del Análisis 2 (FTIR)	37
Figura 35 :Mecanismo del Análisis 3 (FTIR).....	38
Figura 36:Modelo Equipo Espectrómetro infrarrojo ,modelo NICOLET IS10 ,SOFTWARE OMNIC.48.....	39
Figura 37:Pastillero	39
Figura 38:Mortero.....	39
Figura 39:PF de la M1 del alimento	42
Figura 40: PF de la M2 del alimento cera para el tratamiento 1.	43
Figura 41: PF de la M2 del EPS para el tratamiento 1.....	43
Figura 42: PF de la M3 del alimento cera para el tratamiento 1.	43
Figura 43: PF de la M3 del EPS para el tratamiento 1.....	43
Figura 44: PF de la M4 del EPS para el tratamiento 1.....	44
Figura 45: PF de la M4 del EPS para el tratamiento 1.....	44
Figura 46 :PF de la M5 del EPS para el tratamiento 1.....	44
Figura 47:PF de la M6 del EPS para el tratamiento 1.....	44
Figura 48:PF de la M7 del EPS para el tratamiento 1.....	45
Figura 49:PF de la M8 del EPS para el tratamiento 1.....	45
Figura 50:Muestra 2 del polietileno (diferencia de masas)	45
Figura 51:Muestra 3 del polietileno (diferencia de masas)	46
Figura 52:Muestra 4 del polietileno (diferencia de masas)	46
Figura 53:Muestra 5,6,7 y 8 del polietileno (diferencia de masas)	47
Figura 54:Imagen de alta resolución poliestireno expandido.....	48
Figura 55.PF de la M2 del alimento cera para el tratamiento 2.....	49
Figura 56: PF de la M2 del EPS para el tratamiento 2	49
Figura 57.PF de la M3 del alimento cera para el tratamiento 2.....	50
Figura 58: PF de la M3 del EPS para el tratamiento 2	50
Figura 59.PF de la M4 del alimento cera para el tratamiento 2.....	50
Figura 60: PF de la M4 del EPS para el tratamiento 2	50
Figura 61: PF de la M5 del EPS para el tratamiento 2	51
Figura 62: PF de la M6 del EPS para el tratamiento 2	51
Figura 63: PF de la M7 del EPS para el tratamiento 2	51
Figura 64: PF de la M8 del EPS para el tratamiento 2	51

Figura 65:Muestra 2 del poliestireno expandido (diferencia de masas)	52
Figura 66:Muestra 3 del EPS (diferencia de masas).....	52
Figura 67:Muestra 4 del EPS(diferencia de masas).....	53
Figura 68:Muestra 5,6,7 y 8 del poliestireno expandido (diferencia de masas).....	54
Figura 69:Imagen de alta resolución poliestireno expandido	55
Figura 70 : Comparación 1:muestra 2,muestra3 y muestra4	56
Figura 71: Comparación 2: muestra 5,muestra 6,muestra 7 y muestra 8.....	57
Figura 72: Comparación en porcentaje de las muestra 5,mudtra 6,muestra 7 y muestra 8.....	58
Figura 73: Análisis 1 (FTIR)	65
Figura 74: Fórmula química (cera de abeja).....	66
Figura 75: Fórmula química (cera) amida.....	67
Figura 76: Reacción química cuando la oruga consume su alimento tradicional	67
Figura 77: Análisis 2 (FTIR)	68
Figura 78:Reacciónquímica cuando la oruga consume PE +ALIMENTO	70
Figura 79: Análisis FTIR etilenglicol	70
Figura 80: Análisis 3 (FTIR)	71
Figura 81:Reacción química cuando la oruga consume EPS +ALIMENTO.....	73

Índice de Tablas

Tabla 1 : Operacionalización de variables	19
Tabla 2:Técnicas e instrumentos de recolección de datos Validez y Confiabilidad.....	20
Tabla 3: Peso inicial en porcentaje	27
Tabla 4: Peso inicial es gramos	28
Tabla 5:Datos del invernadero para cada muestra	41
Tabla 6: Resumen de todas las muestras para el POLIETILENO (bolsa de plástico transparente)	47
Tabla 7:Resumen de todas las muestras para el POLIESTIRENO EXPANDIDO (tecnopor)	54
Tabla 8:Comparación 1 de la muestra 2,muestra 3 y muestra 4.....	55
Tabla 9: Comparación 2 de la muestra 5,muestra 6 , muestra 7 y de la muestra 8	56
Tabla 10: Tabla de Normalidad	59
Tabla 11: Definición de variables para la hipótesis 1	59

Tabla 12: Estadística de grupo, Hipótesis 1	60
Tabla 13 : Región Crítica de acuerdo a la tabla t de student para la hipótesis 1	60
Tabla 14: Definición de variables para la hipótesis 2	62
Tabla 15: Estadística de grupo, Hipótesis 2	63
Tabla 16 : Región Crítica de acuerdo a la tabla t de student para la hipótesis 1	63
Tabla 17: Datos Cromatograma de la parte volátil de la muestra	74

Resumen

En la presente investigación se trabajó con dos tipos de residuo polietileno (PE) y poliestireno expandido (EPS) por acción de la oruga *Galleria mellonella* y su objetivo es determinar la eficiencia de la biodegradación, en su desarrollo cada muestra es colocado dentro de un invernadero acondicionado en un tiempo de 12 horas. Se trabajó con un total de 14 muestras y se observó la diferencia de masas comparando el peso inicial y el peso final , además se realizó dos tipos de análisis ; el primero Espectrometría Infrarroja con Transformada de Fourier (FTIR) para analizar la excreta de la oruga *Galleria mellonella* después de haber consumido alimento tradicional (cera) , polietileno y alimento tradicional (cera) y poliestireno expandido y alimento tradicional cera , el segundo análisis Cromatografía de gases acoplado a Espectrómetro de masas (GCMS) para analizar su componente volátil y cómo actúa en el medio . Se concluyó que la investigación alcanzo los objetivos previstos para los dos tipos de residuos, para las muestras 5 ,6,7 y 8 del polietileno confirma una eficiencia de biodegradación 3% ,1% 2% Y 7 % y para las muestras del poliestireno expandido confirma también una eficiencia de biodegradación de 11%,4%,7% y 13%, considerando mayor pérdida de masa a diferencia del polietileno , se menciona los resultados de estas muestras ya que están compuestas solo con el tipo de residuo correspondiente a diferencia de las muestras 1,2,3,4 que están preparadas con el tipo del residuo más su alimento tradicional , igualmente para todos los casos se precisa una diferencia entre el peso inicial y peso final . En el análisis FTIR realizado se encontró grupos funcionales similares para los tres tipos , sustancias formadas por esterres de los ácidos grasos con alcoholes de cadena larga y monohidroxilo y un ácido graso ,lípidos simples formados de alcoholes y por ácidos carboxílicos los que componen el resto de las grasas entonces mediante el análisis realizado las oruga *Galleria mellonella* excretan compuestos similares o derivados del alimento tradicional (cera) y el análisis GCMS para el polietileno y poliestireno expandido encontrando en cada espectro de la masa el 2,4- Decadienal, (E, E) es una sustancia aromática muy común en algunos alimentos.

Palabras claves: biodegradación, polietileno, poliestireno expandido, oruga *Galleria mellonella* .

Abstract

In the present investigation we worked with two types of waste polyethylene (PE) and expanded polystyrene (EPS) by the action of the caterpillar *Galleria mellonella* and its objective is to determine the efficiency of biodegradation, in its development each sample is placed inside a greenhouse conditioning in a time of 12 hours. We worked with a total of 14 samples and we observed the difference in masses comparing the initial weight and the final weight. In addition, two types of analysis were performed; the first Fourier Transform Infrared Spectrometry (FTIR) to analyze the excreta of the caterpillar *Galleria mellonella* after consuming traditional food (wax), polyethylene and traditional food (wax) and expanded polystyrene and traditional food wax, the second analysis Chromatography of gases coupled to Mass Spectrometer (GCMS) to analyze its volatile component and how it acts in the medium. It was concluded that the research reached the objectives set for the two types of waste, for samples 5, 6,7 and 8 of polyethylene confirms a biodegradation efficiency of 3%, 1% 2% and 7% and for samples 5, 6 , 7 and 8 of the expanded polystyrene also confirm a biodegradation efficiency of 11%, 4%, 7% and 13%, considering greater loss of mass unlike polyethylene, the results of these samples are mentioned since they are composed only with the type of residue corresponding to the difference of the samples 1,2,3,4 that are prepared with the type of residue plus its traditional food, also for all cases a difference between the initial weight and final weight is required. In the FTIR analysis carried out, similar functional groups were found for the three types, substances formed by esters of fatty acids with long-chain alcohols and monohydroxyl and a fatty acid, simple lipids formed from alcohols and by carboxylic acids, which make up the rest of the fats then through the analysis carried out the *Galleria mellonella* caterpillars excrete similar compounds or derivatives of the traditional food (wax) and the GCMS analysis for the polyethylene and expanded polystyrene finding in each spectrum of the mass 2,4-Decadienal, (E, E) is a very common aromatic substance in some foods.

Keywords: biodegradation, polyethylene, expanded polystyrene, *Galleria mellonella* caterpillar.

I. INTRODUCCIÓN

El tecnopor es uno de los productos más usados en la industria de envases y embalajes o del consumo por su fácil portabilidad, son bienes desechables ya que tienen una sola utilidad, se le introduce aire al poliestireno es por ello que es muy frágil y su costo es barato, originario del petróleo igual que todos los plásticos, no existe reciclaje para este tipo de residuo siendo así más difícil su recuperación y tiene como destino final en botaderos, calles, bordes de los ríos y finalmente en el mar sin embargo su uso nos representa un problema ya que se encuentran mucho tiempo en el medio ambiente, casi difícil en biodegradarse incluso se puede decir que se está considerando como un residuo peligroso ya que cada vez las especies están ingiriendo estos fragmentos otros tipos de residuo que encontramos en las mayorías de las casas y tienen un espacio dedicado son las bolsas de plástico, algunos las hacen bolas y otras las doblan, es común ir a una tienda o al mercado y regresar con muchas de estas, usarlas es ordinario contienen un material llamado resina de polietileno, cada año se consume alrededor de 500 millones de bolsa de plástico y casi todas nuestras compras involucra el uso de una provocando una manera excesiva de estos residuos, ocasionando así la duración intacta obteniendo como uso final en los ecosistemas, en el caso de los océanos donde gran parte es jalado por las olas y asimismo incitando grandes muertes fatales para la fauna marina y aves, estos dos tipos de residuos por su duración en el medio tienen que tener otras soluciones de biodegradación.

Abdullahi. M, Saidu. B (2013) En su publicación para el diario indio de investigación científica en el departamento de Ciencias Básicas y Aplicadas **“Biodegradation of Polythene and plastic using fadama soil amended with organic and inorganic fertilizer”** del estado de Níger, la biodegradación del plástico y el polietileno se controló utilizando Fadama Soil (FS) modificado con excremento de aves de corral, estiércol de vaca y fertilizante inorgánico (NPK) Nitrógeno, Fósforo y Potasio cada uno se sembró con la muestra de polietileno y plástico. La degradación de polietileno y el plástico se examinó después de 2,4,6 y 9 meses de entierro de FS modificado con fertilizantes orgánicos e inorgánicos sus características fisicoquímicas de FS aves de corral, estiércol de vaca y NPK se examinaron antes y después de la enmienda y siembra de la muestra de polietileno y plástico. FS modificado con caída de aves tuvo el conteo más alto seguido de FS como control pero después de la expiración del experimento, FS enmendado tuvo el conteo más alto de bacterias seguido de FS enmendado con excrementos de aves de corral y el menor fue el suelo de control, el resultado del estudio indicó que los materiales plásticos pueden

degradarse en el suelo Fadama ,independientemente si el suelo esta enmendado o no , las bacterias y hongos predominados identificados incluyen tres especies de hongos , el polietileno y los plásticos sembrados en el suelo Fadama modificado con excremento de vaca y caída de aves de corral tuvieron la mayor tasa de pérdida de peso en comparación con el suelo Fadama modificado con fertilizante inorgánico (NPK) la enmienda de Fadama Soil con abono orgánico contiene microorganismos potentes que tienen el potencial de ayudar a la biodegradación de polietileno y plásticos.

Ávarez .Arturo (2015) En su investigación “**Degradación de la película de polietileno con un aditivo pro-oxidante durante el compostaje**” su objetivo llevar a cabo el estudio e identificación del proceso de degradación de la película de polietileno (PE) debido al aditivo pro-oxidante, estearato de cobalto, en el proceso de compostaje se realizó en dos fases la primera fue la preparación de las muestras de comporta ,trituration y caracterización seleccionadas en lotes de películas plásticas con y sin aditivo la segunda fase consistió en el proceso de composteo donde se utilizó 5 reactores a los cuales se les agregó a cada uno 10 kg de residuos sólidos orgánicos. A tres de ellos se les agregó muestra de película con aditivo y a los dos restantes, uno se le adicionó película sin aditivo y al último solamente contuvo residuos orgánicos. El tiempo de experimentación fue de 90 días y se monitorearon diariamente. Se concluyó que la mezcla utilizada fue la adecuada, ya que se obtuvo un buen proceso de compostaje y composta y por otra parte la película plástica que contenía el aditivo de cobalto fue la que presentó oxidación en su estructura mostró un valor máximo de 1.3, el cual es un valor considerable de degradación mayor es la oxidación de la película plástica y mayor es el rompimiento de la misma por el proceso de degradación.

Barja. Carlos (2016) En su investigación “**La eficiencia del hongo *Pestalotiopsis spp* en la biodegradación de los tipos de plásticos (Poliuretano, polietileno de baja densidad y Poliestireno de cristal), a nivel de laboratorio, 2016**” publicado por la Universidad César Vallejo en Lima, Perú la siguiente investigación se realizó para determinar el tipo de plástico *pestalotiopsis* microspora ya que hasta el momento no existe ninguna investigación sobre Poliestireno de cristal ,donde el hongo *pestalotiopsis spp* es más eficiente en su biodegradación del Poliestireno por acción del hongo *pestalotipsis* microspora se escogió tres tipos de plástico porque son lo más utilizados en los supermercados y hogares ,donde dicho hongos se alimentan de enlaces carbonos que son componentes principales para la fabricación de plástico y a su vez con los resultados se podrá recomendar de cómo utilizar

este tipo de hongo en empresas que adquiera el reciclaje o a fines de degradación de plásticos como en los vertederos .

Barbarán. Hellen, Cabanillas. Lilian y Rubio. Yoselin (2018) En su investigación **“Biodegradación de polietileno tereftalato (PET) por acción de *Pseudomona aeruginosa*, en condiciones de laboratorio”** anunciado por la Universidad César Vallejo en Trujillo, Perú ,donde se utilizaron 35 gramos de polietileno tereftalato en polvo obtenido por botellas de agua cielo y para su posterior aplicación de 9 tratamientos en donde se inocularon concentraciones de *pseudomona aeruginosa* de 18×10^7 UFC, 36×10^7 UFC y 9×10^8 UFC para diferentes periodos en diferentes tiempos 15, 25 y 35 días, tres repeticiones se aran por cada tratamiento y para concluir mediante el método de pérdida de peso se determinó el porcentaje de biodegradación donde se terminó mejor procedimiento sirviendo como deducción que la aplicación es 9×10^8 UFC de *Pseudomona aeruginosa* durante un tiempo de 35 días donde biodegradara un 19.93% de polietileno tereftalato.

Bertocchini .Federica (2017) En su investigación publicada para la revista Current Biology **“Polyethylene bio-degradation by caterpillars of the wax moth *Galleria mellonella* ”** el polietileno y polipropileno representan el 92% de producción total del plástico donde el polietileno se utiliza principalmente en envases lo que representan el 40 % de la demanda total de productos de plásticos con más de un billón exponencialmente en los últimos 50 años es por eso presentamos aquí la rápida biodegradación de PE por el gusano de cera, la larva de oruga de la polilla de cera *Galleria mellonella* de la familia de la polilla hocica (Pyralidae) de Lepidoptera. Para probar si el polímero de PE se degradó químicamente por contacto con el gusano homogeneizado, se realizó un análisis FTIR. Sin embargo, cuando se apuntó la sonda en una muestra manchada con gusano homogeneizado, se observó un pico adicional a $3,350 \text{ cm}^{-1}$. Este pico de FTIR corresponde al descrito anteriormente como la firma del etilenglicol. Además, apareció un pico de $1,700 \text{ cm}^{-1}$ en la muestra tratada, que es la firma del enlace carbonilo. La formación de productos después del tratamiento con extracto de gusano de cera también se caracterizó por cromatografía líquida de alto rendimiento acoplada con espectrometría de masas, que cubre un rango de masa / carga de 100 a 600.

Cáceres .Osmar (2012) En su investigación **“Biodegradación bacteriana de polietileno de baja densidad bajo condiciones controladas en biorreactores AIR LIF ”** publicado por la Universidad Nacional Agraria de la Selva en Tingo María ,Perú , en la presente

investigación se experimentó la capacidad de bacterias nativas ambientales aisladas del botadero la Moyuna en Tingo María degradar las bolsas plásticas de polietileno de baja densidad manejando para ello biorreactores de tipo air lift en su método sumergido y teniendo como única fuente de carbono y energía la bolsa de polietileno de baja densidad, logrando aislar las bacterias que desarrollan en lámina de polietileno de baja densidad perteneciente a las especies *Pseudomonas sp*, *Edwardsiella sp* y *Alcaligenes sp*, además se considera como la más eficiente en la biodegradación de polietileno se adaptó en las condiciones por la actividad microbiana dentro de un rango de 6.4 – 8.3 Hp a temperaturas 24°C tiene como característica un medio acuoso donde se observa la pérdida de peso PEBD polietileno de baja densidad provenientes del metro final de la operación del funcionamiento del biorreactor y cambios de la estructura del polietileno como son cloración. Obteniendo resultados en los biorreactores y probando la degradación de polietileno donde se pudo detectar enturbiamiento del medio lo que hace que el desarrollo de biomasa bacteriana realice respectivos recuentos bacterianos al inicio de dicha operación 0 días, 3 días y al final de la operación 7 días.

Chunga. Lourdes y Cieza. Carlos (2017) En su investigación **“Biodegradación de poliestireno utilizando microorganismos presentes en el Humus de lombriz durante los meses, octubre - diciembre 2016”** publicado por la Universidad de Lambayeque en Chiclayo, Perú se trabajó con (plásticos descartables) situadas en macetas con humus de lombriz a desiguales profundidades y días, dominando géneros y grupos bacterianos *Bacillus spp* y *Clostridium spp*. Y para lograrlo se calculó la participación de pérdida de peso de las muestras de poliestireno ubicadas en Superficie, parte media y fondo, de la maceta cada 30 días por un periodo de 3 meses como corresponde: Octubre: 0%, 0.4% y 1.6%; Noviembre: 0.4%, 0.8% y 4,8%; y Diciembre: 0%, 0.8%, y 3%. Se concluye que la mayor biodegradación se observó en el fondo de la maceta durante los 90 días con un porcentaje de biodegradación total del 9.4%, además se comprobó que los géneros bacterianos anteriormente mencionados, siguen prevaleciendo en el humus de lombriz, demostrando su capacidad degradativa.

Daviran. Peter (2017) En su investigación **“Biodegradación de la Espuma de Poliestireno por la larva del *Tenebrio molitor* para la producción de Abono, 2017”** publicado por la Universidad Cesar Vallejo en Lima, Perú estableció que la biodegradación de espuma de Poliestireno y Poliestireno expandido o llamado tecnopor con la larva de tenebrio monitor

para la producción 2017 lo cual compone la estimación mediante la medida que esta especie puede biodegradar es por eso que a partir de ello se puede producir abono con el fin de se tomaran dos ayudas por parte del gusano de la harina que es la biodegradación de material y el excremento se utilizará como residuo para plantas .Después se empezó a realizar análisis del excremento donde nos indica su nivel nutricional donde predomina la temperatura, la investigación se realizó en un mes de estación invierno ya las condiciones de crianza fueron de temperaturas promedio de 21 grados .Finalmente, los resultados indican una influencia de biodegradación del EPS pero poco eficiente por parte de la especie durante el proceso, además se muestran nutrientes en el excremento que se aprecian por diversos factores en la crianza como el canibalismo, restos de muda(piel) y cambio de fase a pupa.

Dey. U, Mondal. NK, Das. K, Dutta .S (2012) En su investigación para la publicación de la Revistas Farmacias “**An approach to polymer degradation through microbes**” El presente trabajo investiga la posibilidad de degradación plástica por microbios aislados del suelo forestal y lodos de lavado de automóviles se inició un experimento in vitro después de recolectar las muestras de plástico. El experimento de la bolsa de arena y los microbios fueron aislados de la superficie del plástico. Luego, los microbios aislados se inocularon en el medio de Burk sin carbono fuente en dos juegos, uno con plástico y el otro con polietilenglicol (PEG). En conclusión, la degradación plástica en el suelo del bosque indica que no hay un cambio significativo en la masa y la deformación de la superficie después de 180 días. de inoculación se registró un resultado similar sin cambios a partir de la muestra recolectada del lodo de lavado móvil automático, excepto variedad-8 en la que se observó que las diferentes capas se separaron entre sí. Además, prueba de viabilidad después de 30 los días de incubación y los microbios aislados que sobreviven en el medio PEG mostraron que los microbios estaban vivos en dicho medio.

Esmaeili. A, Pourbabaee. AA, Alikhani. HA, Shabani. F, Esmaeili. E (2013) En su investigación “**Biodegradation of low-density polyethylene (LDPE) by mixed culture of *Lysinibacillus xylanilyticus* and *Aspergillus niger* in soil**” en este estudio, dos cepas de *Aspergillus sp.* y *Lysinibacillus sp.* con capacidades notables para degradar el polietileno de baja densidad se aislaron de los suelos de vertederos en Teherán utilizando cultivos de enriquecimiento y procedimientos de selección. Las mediciones de dióxido de carbono en el suelo mostraron que la biodegradación en los tratamientos no inoculados fue lenta y fue de aproximadamente 7.6% y 8.6% de la mineralización medida para el LDPE sin radiación UV,

respectivamente después de 126 días, se concluyó que el porcentaje de alargamiento de las películas disminuyó durante el proceso de biodegradación. Transformada de Fourier de infrarrojos se utilizaron para determinar los cambios estructurales, morfológicos y de superficie en el polietileno.

Eraldo de Jesus .A (2009) En su investigación **“Evaluation of the Capacity Biodegradora de Fungos in Poliméricos Films”** evaluar la capacidad de una cepa silvestre de *Talaromyces wortmannii* CR Benjamin 1955, que se aisló del relleno sanitario de Moribeca , y la cepa de *Phanerochaete chrysosporium* en biodegradación de tres tipos de películas poliméricas, es decir: LDPE puro , LDPE / almidón y biopolímero obtenido de la fermentación de melaza por la cepa *Zoogloea Itzigsohn* 1868, 30. El análisis de la pérdida de peso mostró que hubo un efecto significativo con LDPE / almidón, mientras que para LDPE hubo pocos cambios; después de treinta días de inoculación con *Talaromyces wortmannii* hongo y *Phanerochaete chrysosporium* uno. Los resultados del análisis de IMF y DSC sugieren que el mecanismo de biodegradación comienza con la parte amorfa del atasco debido a la penetración del microorganismo que puede continuar atacando el LDPE de manera lenta y gradual. Los resultados del análisis de la mecánica mostraron que no se encontraron cambios significativos en la resistencia de la película a la tensión en la ruptura.

Gutiérrez, Karen (2018) En su investigación **“Influencia de factores de crecimiento microbiano en la degradación de polietileno de baja densidad por la bacteria *Pseudomonas aeruginosa* en Huancayo”** publicado por la Universidad Continental en Huancayo, Perú se determinó que la influencia de los factores ambientales en el crecimiento microbiano como es el pH y la temperatura para la degradación del residuo polietileno de baja densidad en condiciones controladas en un laboratorio permitió desarrollar el proceso de degradación para así obtener la batería capaz de para la degradación ,se tomaron muestras de dos tipos de agua de cultivo y aislamiento manejando condiciones de pH y temperatura importantes para el desarrollo . Se concluyó en la investigación que el crecimiento de colonias de bacterias cumple un papel muy importante y son identificadas como *Pseudomonas aeruginosa*, indicando de esta manera que son capaces de degradar el polietileno de baja densidad.

Ghosh SK. Pal y S. Ray S (2013) En su investigación **“Study of microbes having potentiality for biodegradation of plastics”** el plástico es un nombre amplio dado a los diferentes tipos de polímeros orgánicos que tienen un alto peso molecular y comúnmente se

deriva de diferentes productos petroquímicos. Día a día, la demanda global de estos polímeros está aumentando considerablemente; sin embargo, considerando su abundancia y potencialidad para causar diferentes peligros ambientales, existe una gran preocupación por los posibles métodos de degradación de los plásticos. Alternativamente, algunos científicos también han informado sobre muchos efectos adversos de estos polímeros en la salud humana, y, por lo tanto, existe una necesidad inmediata de una posible detección de algunos microbios potenciales para degradar estos polímeros sintéticos. En esta revisión llegamos a la conclusión, acumular toda la información sobre la naturaleza química junto con algunos microbios potenciales y su naturaleza enzimática de la biodegradación de los plásticos junto con algunos factores clave que afectan su biodegradabilidad.

Martín. Alejandra (2017) En su investigación **“Preliminary study of plastic biodegradation by marine bacteria”** publicado por la Universidad de la Laguna, donde se ha utilizado una técnica de enriquecimiento en medio de sales marinas, suplementado con plástico granulado y en láminas, y extracto de levadura a baja concentración. La biodegradación de este plástico, estudiada en medios frescos inoculados a partir de los cultivos de enriquecimiento, se concluyó que después de 45 días de incubación encontrando diferencias significativas en la pérdida de peso de las láminas PETE -0,187 %, HDPE -0,033%, LDPE 0,2997% Y PS 0,092% se observaron alteraciones mediante espectroscopia infrarroja transformada de Fourier, y microscopía de fuerza atómica.

Mahalakshmi. V, Siddiq. A, Andrew. N (2012) En su publicación para la Revista internacional de Archivos farmacéuticos y biológicos **“Analysis of polyethylene degrading potentialsof microorganisms isolated from compost soil”** Los plásticos desempeñan un papel importante en muchas aplicaciones como el embalaje, los guantes desechables, las bolsas de basura, etc., y representan la mayor parte de los residuos plásticos. Debido a su persistencia en nuestro medio ambiente, los materiales plásticos desechados incorrectamente son una fuente importante de contaminación ambiental, que puede dañar la vida. En ausencia de métodos de eliminación apropiados, los residuos de polietileno generalmente se queman, causando una grave contaminación del aire. El polietileno, considerado inerte, se puede biodegradar si se usan las cepas microbianas correctas. El análisis fisicoquímico de PE se realizó mediante microscopía electrónica de barrido y espectroscopia infrarroja de Fourier.

Méndez. Carmen, Vergaray. Germán, Béjar. Vilma y Cárdena. Karina (2007) En su publicación para la Facultad de Ciencias Biológicas UNMSM **“Aislamiento y**

caracterización de micromicetos biodegradadores de polietileno” la biodegradación del polietileno por microorganismos es una solución para la reducción de la contaminación por plásticos. En el presente trabajo se muestran los resultados del aislamiento y caracterización de cepas de hongos capaces de degradar el polietileno, así como la determinación de las condiciones de pH y temperatura en las que se logran la mayor actividad. De las 20 cepas estudiadas en 5 (25%) se evidenció la capacidad de degradar el plástico polietileno a la temperatura de 20 °C; a pH 4,5 ninguna cepa degradó el polietileno; a pH 6,5 lo degradaron 5 (25%) cepas y a pH 8, 3 (15%); una cepa de la especie *Aspergillus flavus* demostró ser regular degradadora del polietileno.

Meza. Fabián (2013) En su investigación “ **Biodegradabilidad de Polietileno Tereftalato y de Oxopolietileno, a nivel de laboratorio, por la acción de bacterias nativas presentes en humus de lombriz, caballo y gallina”** publicado por la Escuela Politécnica del Ejercito en Sangolquí ,Ecuador donde se utilizó muestras de polietileno tereftalato y de oxopolietileno, las cuales fueron trituradas hasta obtener finas partículas como única fuente de carbono del medio de cultivo para las bacterias mediante este procedimiento los microorganismos fueron adaptándose hasta la obtención de biomasa a temperatura ambiente (aproximadamente 22°C), su crecimiento fue determinado mediante espectrofotometría, parámetros como luz, pH y oxigenación. Transcurrido el tiempo la adaptación se pasó a evaluar la acción biodegradante de las bacterias de cada humus sobre los dos tipos de plásticos teniendo como resultado que las bacterias del humus de caballo al finalizar los 35 días del tiempo experimental, biodegradaron un 10,89% de polietileno tereftalato, siendo este el valor máximo alcanzado entre los tres humus en cuanto al porcentaje de biodegradación del oxopolietileno, mediante la acción de las bacterias nativas del humus de lombriz con el 39.99% este presenta una diferencia significativa en relación a los otros dos tratamientos.

Nowak .B, Pajak. J, Drozd-Bratkowicz M, Rymarz. G (2011) En su investigación publicada Biodeterioro internacional y biodegradación “**Microorganisms participating in the biodegradation of modified polyethylene films in different soils under laboratory conditions”** se evaluó el grado de biodegradación de las películas de polietileno de baja densidad modificadas con poliéster Bionolle en diferentes suelos en condiciones de laboratorio. La pérdida de peso de la película y las propiedades mecánicas, así como la superficie de las muestras poliméricas determinadas mediante microscopía electrónica de

barrido, se evaluaron después de 75, 150 y 225 días de biodegradación. La identificación de microorganismos se basó en sus perfiles celulares de ésteres metílicos de ácidos grasos. Se concluyó que la biodegradación de las películas de polietileno modificadas en los suelos condujo a cambios significativos en sus propiedades mecánicas que fueron causadas por modificaciones bioquímicas tanto del poliéster como del polietileno.

Palmisano. AC, Pettigrew. CA (2014) en su publicación para la Universidad de Oxford **“Biodegradability of plastics”** El plástico es un nombre amplio dado a diferentes polímeros con alto peso molecular, que pueden degradarse por varios procesos. Sin embargo, considerando su abundancia en el medio ambiente y su especificidad en el ataque de plásticos, la biodegradación de plásticos por microorganismos y enzimas parece ser el proceso más efectivo. Cuando se utilizan plásticos como sustratos para microorganismos, la evaluación de su biodegradabilidad no solo debe basarse en su estructura química, sino también en sus propiedades físicas. Se concluye en esta revisión, y se discute la biodegradación microbiana y enzimática de los plásticos y algunos factores que afectan su biodegradabilidad.

Pramila .R, Ramesh K.V (2011) En su publicación para la Revista de investigación microbiológica y biotecnológica **“ Biodegradation of low density polyethylene (LDPE) by fungi isolated from municipal landfill área”** el presente artículo revela la biodegradación del polietileno de baja densidad por dos cepas fúngicas. Aislado. Evaluados mediante la realización de estudios de colonización, SEM y análisis de pruebas de Sturm. Estudios de colonización en una película de LDPE se realizó durante un período de un mes midiendo el peso fresco del hongo. Se concluyó que hubo un aumento en el peso fresco de los aislados de hongos observado después de 7 y 28 días de los experimentos, mediante el análisis SEM escaneo de micrografías electrónicas de películas de LDPE tratadas con *Aspergillus flavus* mostraron cambios estructurales con grietas, formación de fosas esporangios .

Revilla. Sandra (2018) En su investigación **“Eficiencia del homogenizado proveniente del tracto digestivo de la Galleria mellonella en la biodegradación de dos tipos de polietileno de baja densidad, lima - 2018”** publicado por la Universidad Cesar Vallejo en Lima, Perú El presente investigación determinó la eficiencia del homogenizado proveniente del tracto digestivo de *Galleria mellonella* para la biodegradación del polietileno de baja densidad en dos tipos comerciales, siendo evaluados el film y bolsas plásticas, se determinó

el volumen de homogenizado que es más eficiente para la biodegradación del film y bolsas plásticas, siendo comparados tres volúmenes en iguales condiciones, los volúmenes fueron de 5 ml, ml y 10 ml y finalmente se determinó la eficiencia en términos de tiempo para los dos tipos de polietileno de baja densidad anteriormente mencionados. El cálculo de la eficiencia se realizó con la aplicación de la fórmula $W. \text{Plástico} / Pf\%$. Los resultados obtenidos indicaron existencia de biodegradación. 6% y con el volumen de 10 ml fue de 9.79%, lo que representaría un promedio parcial de 4.60%.

Romaniello. Francesco (2013) En su investigación **“Gaining insights in the microbial degradation of polyethylene plastics”** Polietileno representa más del 60% del producto derivado del petróleo y el medio ambiente. La degradación microbiológica es esta propuesta con la posibilidad de un camino alternativo en la cirugía plástica. El alcance general de la pregunta es el estado de la masa antes de metabolizar el PE e identificar el metabolismo con el proceso de biodegradación, analizando la comunidad microbiana expuesta al PE en el medio ambiente, aislar 10 *ceppi batterici* en grado de crecimiento y usar el PE como una sola fuente de energía y dióxido de carbono, en conclusión la comunidad microbiana natural expuesta al PE en el medio ambiente aislaron 10 bacterias que revelaron la capacidad de crecer en PE como solo fuente de energía y carbono. La bacteria, *Pseudomonas aeruginosa* UC4003, mostró la mayor tasa de crecimiento en medio de sal mínimo y polietileno. Cuando creció en PE, esta cepa produjo una enzima extracelular, activador similar a la proteína para la oxidación de n-alcanos (PA), involucrado en el primer paso de la degradación del polietileno.

Samper. M, Rico. M, Ferrandiz. S, López. J (2008) En su investigación **“Reducción y caracterización del residuo de Poliestireno expandido”** publicado por la Universidad Politécnica de Valencia en el presente estudio se determinó el grado de biodegradabilidad de tres muestras de polietileno de alta densidad, con aditivos para acelerar el proceso de degradación, las muestras se identificaron como A1, A2 y A3. Para la determinación de biodegradabilidad se empleó el método de compostaje aerobio a condiciones controladas de pH, temperatura y flujo de aire libre de CO₂ por 90 días, de acuerdo a lo estipulado en la norma NTE INEN 2640:2012. Antes de iniciar el ensayo se realizaron pruebas de materia orgánica y sólidos totales en las muestras de materiales plásticos. También fue necesario seleccionar el inóculo, para ello se evaluaron cuatro muestras de suelo en las que se estimó la cantidad de CO₂ generado durante un proceso de compostaje. La cantidad de CO₂

producido por los materiales de ensayo fue cuantificado mediante el método de alcalinidad de acuerdo al procedimiento APHA 2320D. Como material de referencia de biodegradabilidad se empleó celulosa y el blanco de ensayo consistió en el inóculo, usado en el proceso de compostaje.

Sowmya. HV, Ramalingappa, Krishnappa, Thippeswamy. B (2014) publicado en el Revista internacional de investigación biológica **“Low density polyethylene degrading fungi isolated from local dumpsite of Shivamogga district”** su objetivo aislar los hongos que degradan el polietileno del suelo del vertedero y detectar las enzimas responsables de la degradación del polietileno. Métodos, Se siguió el método de enriquecimiento para el aislamiento de hongos. La degradación se confirmó mediante la pérdida de peso, microscopía electrónica de barrido y estudios de infrarrojo de transformada de Fourier . Las enzimas responsables de la degradación del polietileno se seleccionaron y su actividad se midió mediante un método espectrofotométrico. Las enzimas peroxidasa de lactasa y manganeso fueron responsables de la degradación. En Conclusión: nuestro hongo aislado *Chaetomium globosum* tenía la capacidad de degradar el polietileno y puede ser útil para resolver el problema causado por el polietileno en el medio ambiente.

Terán. María (2017) En su investigación **“Estudio de la biodegradabilidad aeróbica de polietileno de alta densidad mediante compostaje con aditivos degradables”** publicado por la Universidad Pontificia católica de Ecuador, Quito se determinó el grado de biodegradabilidad de tres muestras de polietileno de alta densidad, con aditivos para acelerar el proceso de degradación, las muestras se identificaron como A1, A2 y A3. Para la determinación de biodegradabilidad se empleó el método de compostaje aerobio a condiciones controladas de pH, temperatura y flujo de aire libre de CO₂ por 90 días, de acuerdo a lo estipulado en la norma NTE INEN 2640:2012. Antes de iniciar el ensayo se realizaron pruebas de materia orgánica y sólidos totales en las muestras de materiales plásticos. También fue necesario seleccionar el inóculo, para ello se evaluaron cuatro muestras de suelo en las que se estimó la cantidad de CO₂ generado durante un proceso de compostaje. La cantidad de CO₂ producido por los materiales de ensayo fue cuantificado mediante el método de alcalinidad de acuerdo al procedimiento APHA 2320D. Como material de referencia de biodegradabilidad se empleó celulosa y el blanco de ensayo consistió en el inóculo, usado en el proceso de compostaje.

Uribe. D, Giraldo. D, Gutiérrez. S, Merino. F (2010) En su investigación **“Biodegradación de polietileno de baja densidad por acción de un consorcio microbiano aislado de un relleno”** publicado por la Universidad Nacional Mayor de San Marcos Lima, Perú, en el presente trabajo describimos el aislamiento y la actividad de biodegradación de microorganismos sobre polietileno de baja densidad. Los microorganismos fueron aislados de materiales plásticos con evidencias de deterioro procedentes de un relleno sanitario de Lima. Se aislaron 6 cepas, identificadas como *Pseudomonas sp.* MP3a y MP3b, *Penicillium sp.* MP3b, *Hyalodendron sp.* MP3c y una levadura no identificada. La acción degradativa del consorcio microbiano aislado fue evidenciada por variaciones en el espectro infrarrojo del polietileno con respecto al polímero sin tratamiento, observándose la reducción del índice de carbonilo y de terminaciones con dobles enlaces.

Velasco. Miguel (2017) En su investigación **“Biodegradación de polietileno de baja densidad, mediante el uso del lepidóptero *Galleria mellonella* bajo condiciones térmicas controladas en el 2017”** publicado por la Universidad Cesar Vallejo en Lima, Perú, tiene como objetivo general determinar la medida de biodegradación del polietileno de baja densidad mediante el uso del lepidóptero *Galleria mellonella*. Y para lograrlo se manipulo la variable dependiente polietileno de baja densidad para observar la medida de biodegradación de las bolsas mediante el uso del lepidóptero donde se utilizó 20 bolsas de plástico expuestas a temperaturas diferentes de 25 °C y 35 °C se concluyó que el lepidóptero *Galleria mellonella* para poder obtener mejores resultados en la biodegradación del polietileno de baja densidad es de 25 °C debido que es un ambiente que puede adaptarse tranquilamente en comparación con una temperatura mayor a 35 °C en donde el comportamiento de los lepidópteros no es el adecuado y se mueven de lado a lado buscando a donde salir y alejarse del calor y el tamaño ideal del lepidóptero *Galleria mellonella* para que pueda realizar una mejor biodegradación de baja densidad en de 22mm y 27mm dado que tiene una mejor mandíbula y producen cera muy rápida mente .

Yepes. Laura (2014) En su investigación **“Degradación de Polietileno de Baja Densidad Utilizando Hongos”** publicado por la Universidad Pontificia Universidad Javeriana en Bogotá, Colombia estos materiales pueden presentar modificaciones en sus propiedades físicas y químicas por factores abióticos naturales como la luz solar, calor, humedad, entre otros. Sin embargo, estas condiciones mencionadas anteriormente se pueden controlar por medio de metodologías a nivel de laboratorio con el uso de microorganismos que se

denomina biodegradación. El Polietileno de baja densidad es un tipo de termoplástico el cual presenta una alta demanda en el mundo ya que es utilizado para elaborar envases alimentarios y artículos no alimentarios. El PEBD se puede someter a condiciones abióticas antes del proceso de biodegradación para que este sea más susceptible de ser utilizado como fuente de carbono y energía.

En conclusión, existen hongos que son capaces de producir enzimas intra y extracelulares que permiten después asimilar el PEBD dentro de la célula, entre estos hongos está el género *Aspergillus sp*, *Penicillium spp*, entre otros.

Zahra.S, Abbas. SS, Mahsa. MT, Mohsen.N (2010) En su investigación **“Biodegradation of low-density polyethylene (LDPE) by isolated fungi in solid waste médium”** en este estudio, la biodegradación de polietileno de baja densidad por hongos aislados de vertederos se evaluó en un medio de residuos sólidos controlados. Los hongos, incluidos *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus terreus* y *Fusarium solani*, se aislaron de muestras tomadas de un relleno municipal de edad aeróbica en Teherán. En el medio de desecho sólido esterilizado, las películas de LPDE se enterraron durante 100 días en un matraz de 1 L que contenía 400 g de materia prima de desecho sólido estéril a 28 grados C. Cada hongo se agregó a un matraz separado. El progreso del proceso se controló mediante la medición del carbono orgánico total, el pH, la temperatura y la humedad. Los resultados obtenidos al monitorear el proceso utilizando hongos aislados en condiciones estériles indican que estos hongos pueden crecer en medio de desechos sólidos. Los resultados de los análisis FT-IR y SEM muestran que *A. terreus* y *A. fumigatus*, a pesar de la disponibilidad de otros materiales orgánicos de carbono, podrían utilizar el LDPE como fuente de carbono.

No obstante, la biodegradación es un proceso biológico natural llevado a cabo por procesos bioquímicos y que puede ser clasificado en función al producto final. La biodegradación de plásticos es un proceso usualmente heterogéneo, la falta de solubilidad en agua y el tamaño de las moléculas del polímero impiden que los microorganismos incorporen el material directamente, es necesario que ocurra una liberación de enzimas extracelulares, las cuales inician la degradación del polímero fuera de las células, inicialmente el polímero se fragmenta generando intermediarios que pueden ser solubles en agua, transportados al interior del microorganismo e incorporados a sus rutas metabólicas (Vieyra , 2009)

El resultado final del metabolismo microbiano genera CO₂, agua y nueva biomasa. Biodegradación por el proceso inducido por actividad resulta en el cambio estructural de material en productos metabólicos naturales ,biodegradación parcial es la alteración de la estructura química que resulta en la pérdida de propiedades específicas de polímero y por ultimo biodegradación total por microorganismos mineralizan e incorporen totalmente el polímero ,con producción final CO₂ (en condiciones aeróbicas) o metano (en condiciones anaeróbicas) ,agua ,minerales y biomasa (Vieyra, 2009)

La biodegradación del PE se debe a que a las orugas *Galleria mellonella* se alimentan de cera de abejas, y su nicho natural es el panal; la polilla deposita sus huevos dentro de la colmena, donde los gusanos crecen hasta su etapa de pupa, comiendo cera de abeja. La cera de abejas se compone de una mezcla muy diversa de compuestos lipídicos, incluyendo alcanos, alquenos, ácidos grasos y ésteres. El enlace de hidrocarburo más frecuente es el CH₂ .CH₂, como en PE. Aunque los detalles moleculares de la biodegradación de la cera requieren más investigación, parece probable que el enlace simple C – C de estos compuestos alifáticos sea uno de los objetivos de la digestión. La aparición de agujeros cuando las películas de PE se dejan en contacto directo con los gusanos de cera, y el análisis FTIR de PE degradado, indica la descomposición química del PE, incluida la ruptura de los enlaces C – C. No está claro si la actividad de digestión de hidrocarburos de *G. mellonella* se deriva del propio organismo o de las actividades enzimáticas de su flora intestinal (Bertocchini, 2017)

El polietileno es químicamente el polímero más simple y popular del mundo por ser un material versátil y tener estructura muy simple, la más simple de todos los polímeros comerciales y se presenta con su unidad repetitiva (CH₂-CH₂)_n, una molécula de polietileno es una cadena larga de átomos de carbono, con dos átomos de hidrogeno unidos a cada átomo de carbono. Polietileno de baja densidad tienes características diferentes; alto nivel de ramificaciones, no tóxicos, flexible, liviano, transparente, inerte al contenido impermeable, poca estabilidad dimensional, pero de fácil procesamiento y bajo costo y sus aplicaciones son bolsa de todo tipo, bolsa transparente sin cierre, envasado de alimentos y productos industriales, película delgada, base para pañales desechables contenedores herméticos domésticos, tubo y pomos y tubería para riego. Polietileno de alta densidad tiene características diferentes; bajo nivel de ramificaciones, fuerzas intermoleculares altas, resistente a las bajas temperaturas, alta resistencia a la tensión, compresión y tracción,

impermeable, inerte al contenido, no tóxico, poca estabilidad dimensional y sus aplicaciones son envases, bolsa para supermercado tuberías, macetas (Vieyra, 2009)

El poliestireno expandido es un plástico versátil usado para fabricar una amplia variedad de productos de consumo es un plástico duro y sólido se usa frecuentemente en productos que requieren transparencia, tales como envases de alimentos y equipos de laboratorio cuando se combina con varios colorantes, aditivos y otros plásticos, el poliestireno se usa para hacer electrodomésticos, electrónicos, repuestos automotrices, juguetes, macetas y equipamiento para jardines, entre otros. El poliestireno también se fabrica en forma de material espumoso llamado poliestireno expandido (EPS) o poliestireno extruido (XPS), valorado por sus propiedades de aislamiento y acolchado. El poliestireno en espuma puede tener más de 95 por ciento de aire y se usa como aislante doméstico y de electrodomésticos, envase protector liviano, tablas para surf, servicio de alimentos y envasado de alimentos es el que más se usa suele ser mejor aislante, mantiene los alimentos frescos por más tiempo y cuesta menos que las otras alternativas (Chemical, 2017)

La larva *Galleria mellonella* o llamada polilla grande de la cera tiene un ciclo corporal bastante rápido, en condiciones óptimas (temperaturas altas más o menos constantes y mayor humedad), tarda unas seis semanas en cumplir el ciclo completo. Los adultos ponen huevos en las celdillas de las colmenas. Las orugas salen entre tres y cinco viajes posteriormente. Las orugas son altamente activas y tienen un artilugio masticador altamente potente, y debido a él van haciendo hoyos y oquedades que envuelven con unas redes de seda. Las orugas recién nacidas pueden viajar a colonias vecinas, y algunos despachos han comprobado que pueden llegar a recorrer 50 metros (Goodman, 2003)

En la etapa huevo: dependiendo de la temperatura eclosionan en 5 a 8 días, a una temperatura de 24 a 27°C mientras que a una temperatura de 10 a 16°C lo hacen a los 35 días.

En la etapa larva: recién salida del huevo tiene el cuerpo de color blanco cremoso que se vuelve gris a gris oscuro en la parte dorsal y lateral a medida que avanza en sus estadios; puede alcanzar de 1 a 23mm de longitud en 28 días y a pesar sobre 240mg en temperaturas que va de los 29°C a 35°C. La larva, previo a su ubicación definitiva, se ancla entre los cuadros y el alza de la colmena, lo que produce un debilitamiento de los materiales del marco (Neira y Manquian, 2004)

Galleria mellonella en diferentes estadios larvales: Al salir del huevo tienen una longitud de 1.2 mm y una anchura de la cápsula cefálica de 0,18 mm aproximadamente. Durante el desarrollo larvario cambian en 5 mudas sumando la primera muda que se dio al eclosionar el huevo y la última muda que se dio en la transformación de pupa, se contaron en total 7 estadios larvales. En el último estadio larval (transformación a pupa), puede llegar a medir 27 mm de longitud y su capsula cefálica, 2 mm de anchura (Rodríguez ,2015)

Los daños que puedes causar la polilla de la cera tiene una gran importancia como plaga ya que causa grandes pérdidas económicas a los apicultores de todo el mundo por la gran cantidad de panales que destruye. La larva practica túneles y deja hilos de seda (que llegan a formar telas) y pelusa a medida que avanza y acaba destruyendo completamente la colonia (Lloret, 2006)

En la etapa pupa: Durante el último estadio larval, el insecto procede a inmovilizarse dentro de un capullo de color blanco, de unos 2.5 cm de longitud que se denomina estado de pupa (Neira y Manquian, 2004).

En la etapa adulta: Los machos son considerablemente más pequeños y pueden ser distinguidos de las hembras por sus alas anteriores con el margen apical dentado y más claro. Dorsalmente, el tórax y cabeza son de color claro, sin embargo, el tamaño y color de ambos sexos difieren considerablemente de acuerdo a la dieta de las larvas. Los adultos de *G. mellonella* pueden ser más pequeños en comparación de otras, esto ocurre cuando las larvas se han desarrollado lentamente como resultado de una escasa alimentación y bajas temperaturas (Williams, 1990).

PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es la eficiencia de la biodegradación para el polietileno (PE) y poliestireno expandido (EPS) por acción de la oruga *Galleria mellonella*?

PROBLEMA ESPECÍFICO

¿Cuál es la eficiencia de la biodegradación para el polietileno (PE) por acción de la oruga *Galleria mellonella*?

¿Cuál es la eficiencia de la biodegradación para el poliestireno expandido (EPS) por acción de la oruga *Galleria mellonella*?

Existe muchas teorías acerca de la importancia para disminuir las bolsas plásticas actualmente su obtención es extraordinariamente fácil debido al consumismo exagerado e inapropiado de las personas y la omisión de cultura ambiental a partir desde el período infantil conllevan a que no tengan una conciencia adecuada para mitigar el uso de este material. Lo que permite a la humanidad utilizar dicho residuo en todo momento de sus vidas. Nuestra investigación radica en biodegradar este residuo usando oruga *Galleria mellonella*. Dicho conocimiento, permite saber nuevas formas de cómo evitar la contaminación, las bolsas plásticas tienen como fin diferentes métodos como los rellenos sanitarios donde son incinerados, o lo degradan con sustancias tóxicas, formando daños en general. El conocimiento de este tema nos permite también contrastar con otro residuo que es muy común y que se usa en nuestra vida cotidiana como es el caso del poliestireno expandido (EPS), que a la larga también genera daños al ambiente y a la salud.

Para lograr el cumplimiento de los objetivos de estudio, se acudirá al uso de instrumentos para medir la variable independiente “biodegradación del PE y EPS” y su repercusión en la variable dependiente “acción de la oruga *Galleria mellonella* ”. Es por ello que los instrumentos elaborados serán en primeras instancias evaluados mediante juicio de expertos, para luego ser reflejados mediante la confiabilidad y la validez.

Una vez aplicados los diferentes instrumentos, se busca observar tanto el PE como el EPS son biodegradados por la oruga *Galleria mellonella* y cuál de estos es más eficiente.

El resultado de la investigación reconoce la reducción de polietileno (PE) y poliestireno expandido (EPS) y valdrá como información para mitigar fuentes de contaminación siendo así como provecho para investigadores.

HIPÓTESIS GENERAL

La eficiencia de la biodegradación para el polietileno (PE) y poliestireno expandido (EPS) por acción de la oruga *Galleria mellonella* es significativa.

HIPÓTESIS ESPECÍFICOS

La eficiencia de la biodegradación para el polietileno (PE) por acción de la oruga *Galleria mellonella* es significativa.

La eficiencia de la biodegradación para el poliestireno expandido (EPS) por acción de la oruga *Galleria mellonella* es significativa.

OBJETIVO GENERAL

Determinar la eficiencia de la biodegradación para el polietileno (PE) y poliestireno expandido (EPS) por acción de la oruga *Galleria mellonella* .

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar la eficiencia de la biodegradación para el polietileno (PE) por acción de la oruga *Galleria mellonella*.

Determinar la eficiencia de la biodegradación para el poliestireno expandido (EPS) por acción de la oruga *Galleria mellonella*.

II. MÉTODO

2.1 Tipo y diseño de investigación

TIPO DE INVESTIGACIÓN:

La presente investigación es aplicada, ya que propone el uso de las orugas *Galleria mellonella* y su acción de biodegradación para los dos tipos de residuos polietileno y poliestireno expandido, el resultado muestra una diferencia de masas en un tiempo 0 y un tiempo 12, con el objetivo de ser una alternativa de mejora y conservación del medio ambiente.

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:

La presente investigación se ubica en el diseño experimental.

Experimental: Existe mayor rigurosidad y manipulación de la variable independiente “biodegradación del PE y EPS”, para observar el comportamiento de la variable dependiente “acción de la oruga *Galleria mellonella* ”.

2.2 Operacionalización de variables

Tabla 1 : Operacionalización de variables

VARIABLE	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	INDICADORES	MEDIDAS
INDEPENDIENTE Biodegradación de PE y EPS	La biodegradación de POLIETILENO Y POLIESTIRENO EXPANDIDO es un proceso usualmente heterogéneo, la falta de solubilidad en agua los tamaños de las moléculas del polímero impiden que los microorganismos incorporen el material directamente. (Vieyra,H 2009)	La biodegradación de polietileno y poliestireno expandido, será medida mediante los pesos iniciales y finales para obtener la diferencia de masa.	Eficiencia de la biodegradación de polietileno (PE)	Peso inicial	g
				Peso final	g
				Diferencias de masas	g
			Eficiencia de la biodegradación de poliestireno expandido (EPS)	Peso inicial	g
				Peso final	g
				Diferencias de masas	g
DEPENDIENTE Acción de la oruga <i>Galleria mellonella</i>	Las larvas son muy activas y tienen un aparato masticador muy potente, y gracias a él va haciendo túneles y galerías que envuelven con unas redes de seda. Las larvas recién nacidas pueden viajar a colonias vecinas, y algunos estudios han comprobado que pueden llegar a recorrer 50 metros (Gorman, 2003)	La oruga <i>Galleria mellonella</i> en contacto físico con el PE Y EPS en un invernadero será medido mediante propiedades físicas (temperatura,humedad,tiempo,transformacion química) y sus características (Alimentacion,tamaño, color)	Biodegradación por acción de la oruga <i>Galleria mellonella</i>	Temperatura	°C
				Humedad	%
				Tiempo	hr
				Transformación química. Cromatografía de gases acoplado a Espectrómetro de masas.	cm
			Características de la oruga <i>Galleria mellonella</i>	Alimentación	g
				Tamaño	27 mm a 27 mm
Color	Blanco cremoso				

2.3 Población, muestra y muestreo

POBLACIÓN: Se manejó una población de 4 g para cada residuo PE y EPS la cual fue escogida en forma aleatoria.

MUESTRA: Se trabajó con 2 tratamientos cada uno con 7 muestras, y se escogieron los residuos de forma aleatoria según cada proporción porcentual para cada muestra.

MUESTREO: La siguiente investigación es de muestreo probabilístico; las unidades de análisis en este caso los residuos polietileno PE y poliestireno expandido EPS son seleccionados en forma aleatoria, o en otras palabras al azar, cada residuo tiene la misma probabilidad de ser elegido.

2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, Validez y Tabla 2: Técnicas e instrumentos de recolección de datos Validez y Confiabilidad

Confiabilidad.

ETAPA	NOMBRE DE ETAPA	FUENTE	TÉCNICA	INTRUMENTOS	RESULTADOS
ETAPA 1	Recolección de oruga <i>Galleria mellonella</i> .	Las colmenas abandonadas.	De observación directa. De observación de campo.	Registro de campo para la recolección de orugas <i>Galleria mellonella</i> . (Anexo 1)	Orugas vivas de 22mm - 27mm.
ETAPA 2	Condiciones de un invernadero.	Fabricación del invernadero: estructura y materiales.	De observación directa.	Registro de condiciones en el invernadero. (Anexo 2)	Invernadero acondicionado.
ETAPA 3	Registro para la preparación de muestras.	Balanza analítica.	De observación directa.	Registro de recolección de PE Y EPS (Anexo 3)	Pesos iniciales de alimento y residuos.
ETAPA 4	Registro para el desarrollo del tratamiento 1 y tratamiento 2.	Balanza analítica.	De observación directa. De observación de campo. De observación de laboratorio.	Registro del procedimiento experimental. (Anexo 4)	Variaciones de los pesos de alimento y residuos.
ETAPA 5	Transformación química	*Sonda con fibra óptica. *Equipo Alpha de Bruker.	Reacciones químicas y evaluación de picos.	(FTIR) (GCMS)	Espectros.

		reflexión - sin fibra óptica.			
--	--	----------------------------------	--	--	--

Validez

La validación fue por juicio de expertos ya que los instrumentos tuvieron un valor de 95% de validez.

Juicio de expertos:

Experto 1: Ing. María Paulina Aliaga Martínez, Experto 2: Ing. Peralta Medina Juan Alberto, Experto 3: Ing. Castro Tena Lucero Katherine.

Confiabilidad

El nivel de confianza es del 95%.

Siendo el nivel de significancia del 5%. ($\alpha = 0.05$)

2.5 Procedimiento

Etapa 1: Recolección de oruga *Galleria mellonella*

En esta etapa se recolectó la oruga *Galleria mellonella* en la localidad de Huarochirí en el distrito de Santa Eulalia con la ayuda de un apicultor se realizó la búsqueda y no se necesitó ningún equipo de protección apícola porque se encuentran en colmenas deshabilitadas aunque es un poco trabajoso reconocerlas ya que las orugas se encuentran escondidas entre galerías y láminas cubiertas de redes de hilos, luego en el laboratorio se procedió a colocar 10 orugas en cada contenedor ya que se trabajó con 14 muestras siendo la oruga el ente principal, tendrán la acción de biodegradar el polietileno y poliestireno expandido en un tiempo de 12 horas, dentro de un invernadero casero donde se controla la temperatura y humedad relativa para que ellas se puedan desenvolver y cumplir dicha función, las orugas o llamada también larvas, polilla de cera o gusano de cera proveniente de la familia de la polilla Pyralidae de LEPIDOPTERO son muy activas lo que dificulta su fotografía, en esta investigación se observó a las orugas *Galleria mellonella* y su comportamiento al estar al contacto físico con dichos residuos y su reducción de las bolsas de plástico y el tecnopor, que es lo que permite que la oruga *Galleria mellonella* biodegrade un enlace químico que generalmente es dificultoso y susceptible a la biodegradación esto se debe a su ecología porque ellas se alimentan de cera de abejas y habitan en las colmenas de abeja donde ponen sus huevos y luego se convierten en etapa pupa, la cera de abeja compone una mezcla de

diversos compuestos lípidos, alcanos, alquenos, ácidos grasos y esteres el enlace de hidrocarburos más frecuente es el $\text{CH}_2\text{-CH}_2$, unos de los motivos de la biodegradación se debe a la digestión de la oruga *Galleria mellonella*. Preocupada por el medio ambiente y el aumento de estos residuos en los últimos años son unos de los motivos que se realiza la investigación.



Figura 1:Recolección de la oruga *Galleria mellonella*.

Interpretación de la figura 1: Se observa cómo se va buscando en colmenas deshabilitadas las orugas *Gallerías mellonella* donde se esconden entre láminas y galerías.

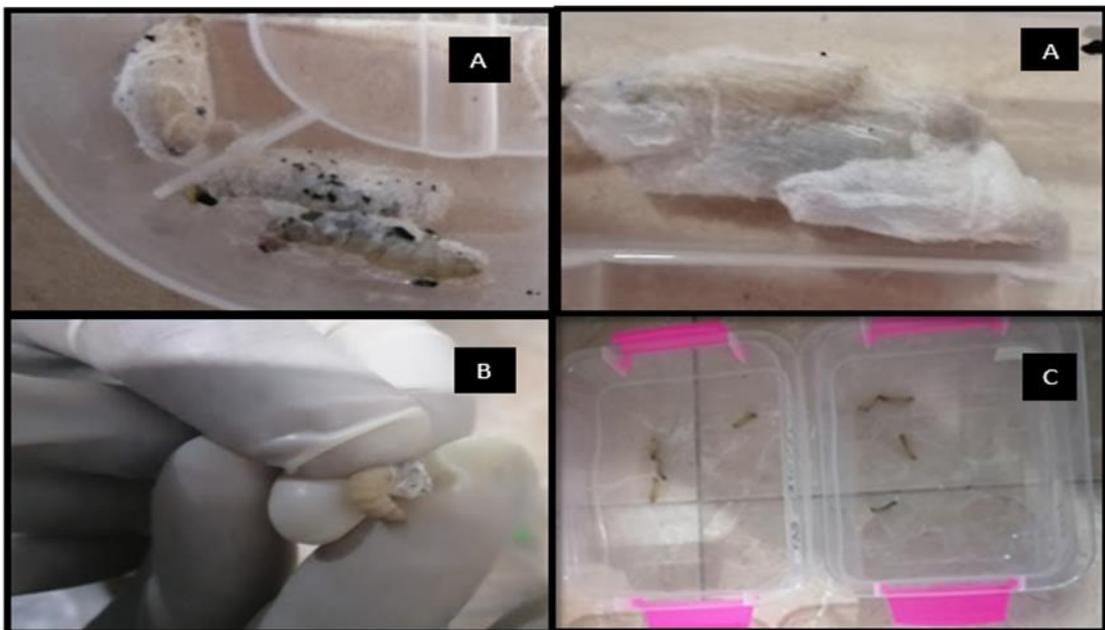


Figura 2: Oruga *Galleria mellonella* colocada en contenedores.

Interpretación de la figura 2: Se observa 4 figuras representadas con diferentes letras. En la letra A las orugas *Gallería mellonella* están envueltas con redes de hilo de seda en la letra

B son limpiadas en la letra C son colocadas en unos contenedores para comenzar a realizar la presente investigación.



Figura 3:Oruga *Galleria mellonella* .

Interpretación de la figura 3: En la figura se observa a la oruga *Galleria mellonella* que es fotografiada de forma espontánea eso se debe a que son muy activas.



Figura 4:Oruga *Galleria mellonella* .

Interpretación de la figura 4: En la figura se observa a la oruga *Galleria mellonella* que tiene un cuerpo blanco y un poco translucido, rápidos de movimientos casi convulsivos, cosa que dificulta mucho tomar su medida en vivo de tamaño 22 - 27mm.

Mecanismo de la oruga *Galleria mellonella* : Las orugas *Galleria s mellonella* tienen la capacidad de digerir su alimento básico (la cera de abeja) y les permite digerir el polietileno (plástico) se trata de una enzima sintetizada por la propia oruga o por su flora intestinal es por eso que mediante el presente trabajo de investigación se observará su capacidad para biodegradar el poliestireno expandido será el mismo ya que estos materiales pertenecen a la familia de los polímeros.

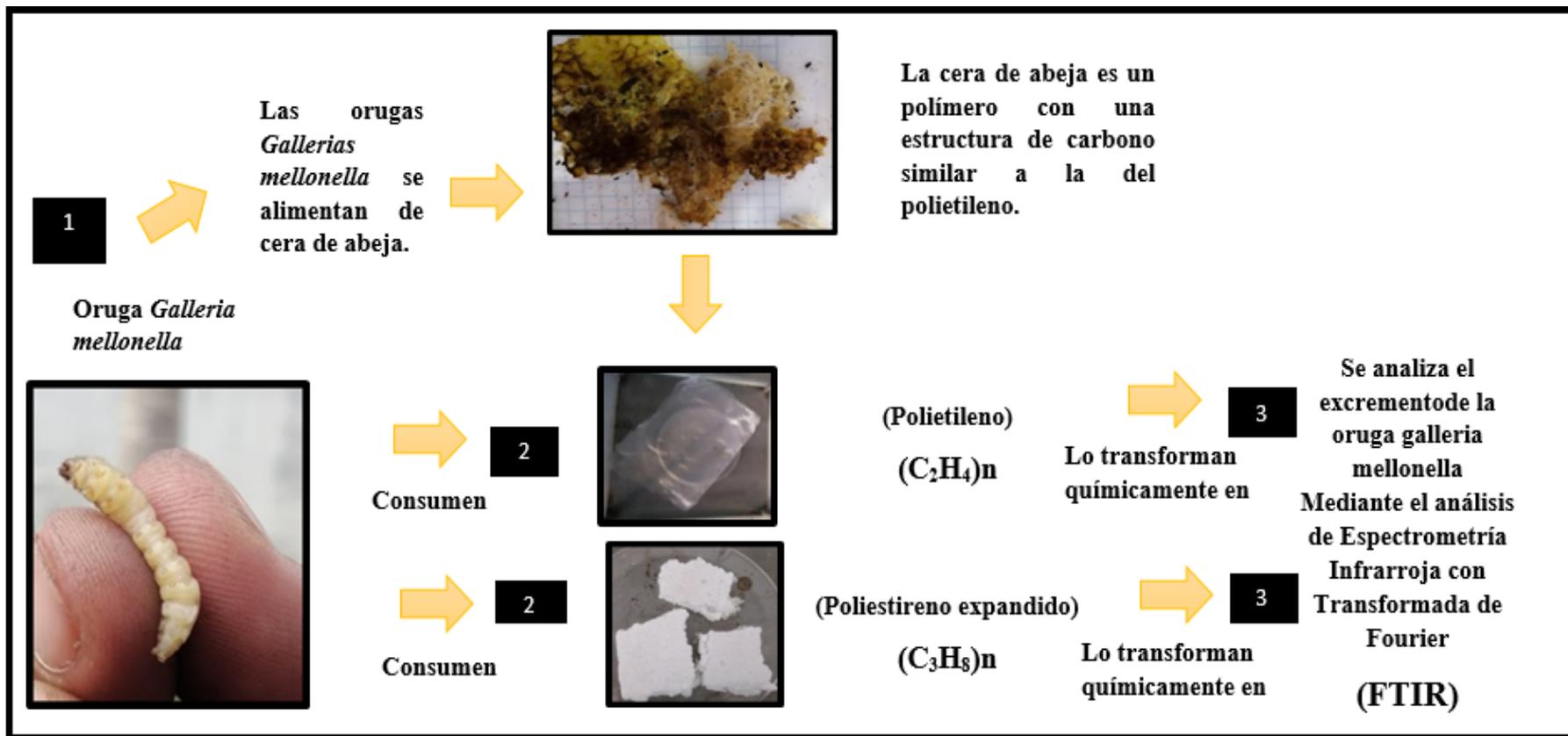


Figura 5: Mecanismo de la Oruga *Galleria mellonella* .

Etapa 1: Recolección del polietileno y poliestireno expandido

En esta etapa se recolectó 2 tipos de plásticos Polietileno y Poliestireno expandido debido a que son los más utilizados en los supermercados y en los hogares donde la Oruga *Galleria mellonella* cumple una acción fundamental, consume enlaces de carbono que son componentes principales para la elaboración de los plásticos en general a su vez mediante los resultados se podrán hacer recomendaciones,

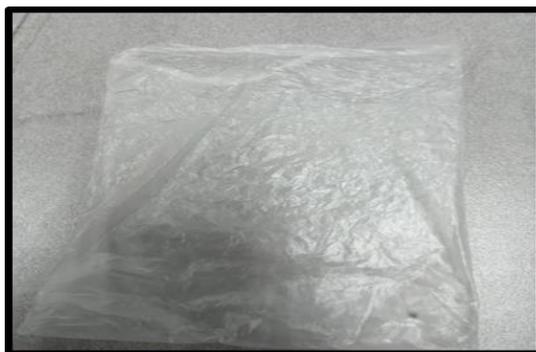


Figura 6: Polietileno (bolsa de plástico)

Interpretación de la figura 6: Se observa una bolsa de polietileno sin cierre transparente de 5 X 35 CM para la investigación se manipuló aproximadamente un total de 4 g las cuales fueron distribuidas en diferentes contenedores , este material se utiliza para transportar frutas, verduras u otros alimentos este producto es fácil de encontrar, pero en mayor cantidad lo localizamos en los mercados donde es utilizado por los vendedores y consumidores causando diariamente grandes cantidades de este producto. Se consiguió este material en el mercado San Antonio S.M.P donde el público nos dio algunas bolsas de sus compras colocando lo que había dentro en otra bolsa obteniendo así lo necesario.

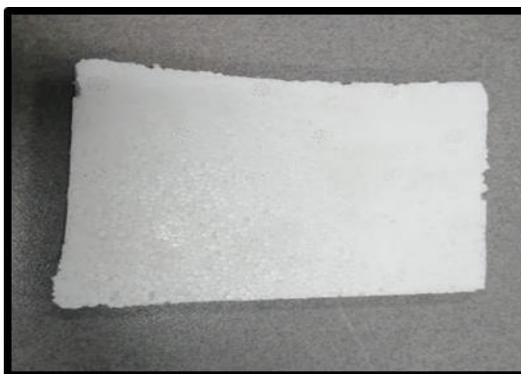


Figura 7: Poliestireno expandido (tecnopor)

Interpretación de la figura 7: Se observa poliestireno expandido, conocida como tecnopor, para la investigación se manipuló aproximadamente un total de 4 g las cuales fueron distribuidas en diferentes contenedores este material tiene muchos usos lo que hace generando grandes cantidades de este producto. Y el que se manipuló para la investigación es el de envases y embalajes, además es fácil de conseguir y su costo es barato encontrándolo en cantoneras o en diferentes formas según la necesidad de embalaje del cliente.

Etapa 2: Condiciones de un invernadero.

En esta etapa se utilizó un invernadero donde se acondiciono utilizando un Foco 5watts ya que cada muestra tenía que tener una Temperatura de 25 °C a 26 °C aprox. y se utilizó como instrumento un termohigrometro de modelo interiores y exteriores para obtener los datos de temperatura y la humedad dentro del invernadero para cada una utilizando un registro de condiciones de un invernadero, esta etapa es importante para que exista una biodegradación por acción de la oruga *Galleria mellonella* ellas tienen que estar sometida a una temperatura y humedad relativa de acuerdo a otras investigaciones nos dice claramente cuál es el rango que ellas actúan y biodegradan con mejor capacidad ,el invernadero tenía una parte transparente para así se observar desde afuera su comportamiento con la bolsa de plástico (PE) y tecnopor (EPS) , el termohigrometro se colocó encima del invernadero tomando los datos para cada muestra en un tiempo de 12 horas y conclusión se observó 192 horas .



Figura 8:Invernadero acondicionado

Interpretación de la figura 8: Se observa un invernadero donde se colocó una muestra utilizando un foco de 5 watts y un termohigrometro donde reflejo la temperatura y humedad requerida.



Figura 9: Termohigómetro

Interpretación de la figura 9: Se observa un termohigrómetro lo cual se utilizó para medir la temperatura y humedad donde se colocó encima del invernadero, cambiando la temperatura y humedad de nuestro invernadero en las diferentes muestras evaluadas.

Etapa 3: Preparación de muestras, cantidad inicial para cada muestra.

En esta etapa se preparó cada muestra, para ello se calculó el porcentaje en gramos y se utilizó una balanza analítica para evidenciar que sea el PI que corresponde según la tabla 4.

Peso inicial en porcentaje para el tratamiento 1 y tratamiento 2

Tabla 3: Peso inicial en porcentaje

Muestras		Tratamiento 1	Tratamiento 2
M1	PI	A (100 %)	A (100 %)
M2	PI	PE(25%) +A(75%)	EPS(25%)+ A(75%)
M3	PI	PE(50%) +A(50%)	EPS(50%)+ A(50%)
M4	PI	PE(75%) +A(25%)	EPS(75%) +A(25%)
M5	PI	PE(100%)	EPS(100%)
M6	PI	PE(75%)	EPS(75%)
M7	PI	PE(50%)	EPS(50%)
M8	PI	PE(25%)	EPS(25%)

Interpretación de la tabla 3: Se observa todas las muestras en porcentaje. Teniendo como datos los siguientes: T1=tratamiento 1 (polietileno), T2=tratamiento 2 (poliestireno expandido), PE=polietileno, EPS=poliestireno expandido, M=muestra, A=alimentación, PI = Peso inicial y PF=Peso final.

Peso inicial en gramos para el tratamiento 1 y tratamiento 2

Tabla 4: Peso inicial es gramos

Muestras		Tratamiento 1	Tratamiento 2
M1	PI	A (1g)	A (1g)
M2	PI	PE(0.25g) +A(0.75g)	EPS(0.25g) + A(0.75g)
M3	PI	PE (0.5g) +A(0.5g)	EPS(0.5g) + A(0.5g)+
M4	PI	PE(0.75g) +A(0.25g)	EPS(0.75g) +A(0.25g)+
M5	PI	PE(1g)	EPS(1g)
M6	PI	PE(0.75g)	EPS(0.75g)
M7	PI	PE(0.5g)	EPS(0.5g)
M8	PI	PE(0.25g)	EPS(0.25g)

Interpretación de la tabla 4: Se observa todas las muestras, se calculó el alimento o residuo solo en gramos. Teniendo como datos los siguientes: T1=tratamiento 1 (polietileno), T2=tratamiento 2 (poliestireno expandido), PE=polietileno, EPS=poliestireno expandido, M=muestra, A=alimentación, PI = Peso inicial, PF=Peso final.

Peso inicial del polietileno (PE)-Tratamiento



Figura 10:PI de la M2 del alimento para el tratamiento 1.



Figura 11:PI de la M2 del PE para el tratamiento 1 .

Interpretación de la figura 10: En la figura de la **M2** se observa una balanza analítica que indica el peso inicial **0,75 g** del alimento tradicional (cera) para el tratamiento 1 polietileno.

Interpretación de la figura 11: En la figura de la **M2** se observa una balanza analítica que indica el peso inicial **0,25 g** de la bolsa de plástico para el tratamiento 1 polietileno.



Figura 12: PI de la M3 del alimento para el tratamiento 1 .



Figura 13:PI de la M3 de PE para el tratamiento 1 .

Interpretación de la figura 12: En la figura de la M3 se observa una balanza analítica que indica el peso inicial **0,50 g** del alimento tradicional cera para el tratamiento 1 polietileno.

Interpretación de la figura 13: En la figura de la M3 se observa una balanza analítica que indica el peso inicial **0,50 g** de la bolsa de plástico para el tratamiento 1 polietileno.



Figura 14:PI de la M4 del alimento para el tratamiento 1 .



Figura 15: PI de la M4 del PE para el tratamiento 1 .

Interpretación de la figura 14: En la figura de la M4 se observa una balanza analítica que indica el peso inicial **0,25 g** del alimento tradicional cera para el tratamiento 1 polietileno.

Interpretación de la figura 15: En la figura de la M4 se observa una balanza analítica que indica el peso inicial **0.75 g** de la bolsa de plástico para el tratamiento 1 polietileno.

Peso inicial del Poliestireno expandido (EPS)-Tratamiento 2



Figura 20:PI de la M2 del alimento (cera) para el tratamiento 2.



Figura 21: PI de la M2 del EPS para el tratamiento 2.

Interpretación de la figura 20: En la figura de la **M2** se observa una balanza analítica que indica el peso inicial **0,75 g** del alimento tradicional cera para el tratamiento 2 poliestireno expandido.

Interpretación de la figura 21: En la figura de la **M2** se observa una balanza analítica que indica el peso inicial **0,25 g** del tecnopor para el tratamiento 2 poliestireno expandido.



Figura 22:PI de la M3 del alimento (cera) para el tratamiento 2.



Figura 23: PI de la M3 del EPS para el tratamiento 2.

Interpretación de la figura 22: En la figura de la **M3** se observa una balanza analítica que indica el peso inicial **0,50 g** del alimento tradicional cera para el tratamiento 2 poliestireno expandido.

Interpretación de la figura 23: En la figura de la **M3** se observa una balanza analítica que indica el peso inicial **0,50 g** del tecnopor para el tratamiento 2 poliestireno expandido.



Figura 24 :PI de la M4 del alimento (cera) para el tratamiento 2.



Figura 25: PI de la M4 del EPS para el tratamiento 2.

Interpretación de la figura 24: En la figura de la **M4** se observa una balanza analítica que indica el peso inicial **0,25 g** del alimento tradicional cera para tratamiento 2 poliestireno expandido.

Interpretación de la figura 25: En la figura de la **M4** se observa una balanza analítica que indica el peso inicial **0,75 g** del tecnopor para el tratamiento 2 poliestireno expandido.



Figura 26:PI de la M5 del EPS para el tratamiento 2.



Figura 27: PI de la M6 del EPS para el tratamiento 2.

Interpretación de la figura 26: En la figura de la **M5** se observa una balanza analítica que indica el peso inicial **1 g** del tecnopor para el tratamiento 2 poliestireno expandido.

Interpretación de la figura 27: En la figura de la **M6** se observa una balanza analítica que indica el peso inicial **0,75 g** del tecnopor para el tratamiento 2 poliestireno expandido.



Figura 28:PI de la M7 del EPS para el tratamiento 2.



Figura 29 PI de la M8 del EPS para el tratamiento 2.

Interpretación de la figura 28: En la figura de la M7 se observa una balanza analítica que indica el peso inicial **0.5 g** del tecnopor para el tratamiento 2 poliestireno expandido.

Interpretación de la figura 29: En la figura de la M8 se observa una balanza analítica que indica el peso inicial **0,25 g** del tecnopor para el tratamiento 2 poliestireno expandido.

Etapa 4: Desarrollo del tratamiento 1 y tratamiento 2.

En esta etapa se colocó las muestras en un invernadero en un tiempo de 12 horas y se observó el comportamiento de la oruga *Galleria mellonella* al estar al contacto con la bolsa de plástico o tecnopor, transcurrida la 12 hora se realizó a sacar el contenedor y separar a las orugas *Galleria mellonella* , para obtener el peso final y confirmar la perdida de masas de las muestras, en esta etapa cada muestra es colocada dentro del invernadero.



Figura 30:Muestra dentro del invernadero

Interpretación de la figura 30: En esta etapa la muestra es colocada dentro del invernadero acondicionando y se va observando el comportamiento de la oruga *Galleria mellonella*

durante en un tiempo de 12 horas este mismo procedimiento se realiza para todas las muestras ya se para el polietileno o poliestireno expandido para ello ya están previa mente preparadas.



Figura 31:Poliestireno expandido en contacto con la oruga *Galleria mellonella* .

Interpretación de la figura 31: Se observa el tecnopor a la hora de ser colocada en un contenedor y se aprecia a las orugas *Galleria mellonella* . que entran automáticamente en contacto físico con este tipo de residuo siendo así el procedimiento que se realiza para todas las muestras realizadas además se da a conocer que el tecnopor aún no presenta ninguna modificación significativa de masa es por ello que después de la hora transcurrida es pesada para verificar así si hay algún cambio, teniendo en cuenta que solo se trabajó con 10 orugas *Galleria mellonella* para cada muestra en un tiempo de 12 horas.



Figura 32:Polietileno en contacto con la oruga *Galleria mellonella* .

Interpretación de la figura 32: Se observa a las orugas *Gallerías Mellonella* están en contacto físico con la bolsa de plástico dentro de un contenedor siendo así el procedimiento que se realiza para todas las muestras realizadas además se observa que la bolsa de plástico aún no presenta ninguna modificación significativa de masa es por ello que después de la hora transcurrida es pesada para verificar así si hay algún cambio ,teniendo en cuenta que

solo se trabajó con 10 orugas *Galleria mellonella* para cada muestra en un tiempo de 12 horas .

Etapa 5: Transformación química (FTIR)

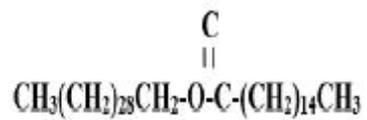
Se decidió realizar evaluación a las excretas de la oruga *Galleria mellonella* , ya que como se sabe cuándo se consume algo por efecto se expulsa lo mismo o hay una pequeña diferencia, esto es el caso que cierta cantidad de personas no digo todas, al momento de consumir betarraga presentan cambios tanto orina como heces se tiñen de un color rojo, confundible con el de la sangre. Según indica el sitio de Salud. info, esto sucede cuando el ácido estomacal no alcanza a lavar la sustancia. Entonces, es ahí donde nace mi interrogante, si mis orugas se alimentan de cera, polietileno o poliestireno, que logran arrojar mediante su excreta, logran expulsar los mismos residuos o lo llegan a transformar en algo, en pocas palabras logran biodegradar.

En esta etapa se analizó los excrementos de la oruga *Galleria mellonella* , en la primera muestra se colocó un contenedor con las orugas y su alimento cera, en la segunda se colocó un contenedor con las orugas + alimento + polietileno, en la tercera se colocó un contenedor con las orugas + alimento + poliestileno. Luego de 12 horas se procedió a la recolección de las excretas en una placa petri, para ser llevados al laboratorio de química orgánica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, donde fui asesorada por el Dr. Julio Santiago y poder observar la transformación química realizada por las orugas, luego de biodegradar los residuos PE Y EPS.

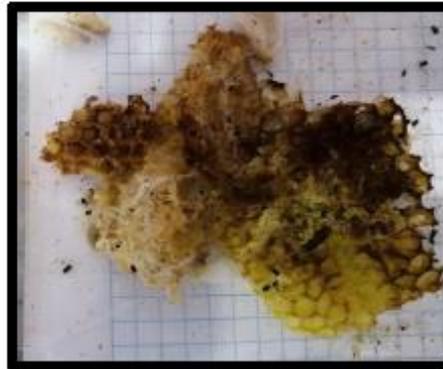
El equipo que se utilizo fue un Espectrofotómetro Infrarrojo con Transformada de Fourier, tiene la capacidad de no destruir las muestras. Y puede analizar no solo las muestras llevadas PE o EPS, también otros recubrimientos, envases, aceites esenciales, colorantes y pigmentos, solventes o de orgánicos e inorgánicos de niveles de acides y de basicidad vari.

Mecanismo para el Análisis 1

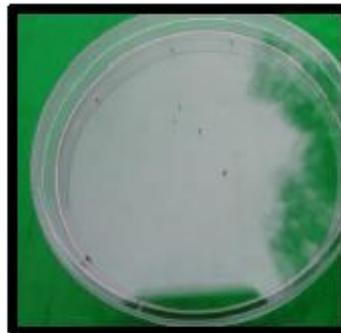
Oruga *Galleria mellonella* consume Pamitato de miricilo (cera de abeja), representado en la siguiente fórmula.



Excreta de la Oruga *Galleria mellonella* después de haber consumido Pamitato de miricilo (cera de abeja).



Cera de abeja.



Excreta de la Oruga *Galleria mellonella*.

Cera de abeja se compone de una mezcla muy diversa de compuesto lipídicos, incluyendo alcanos alquenos ácidos grasos y ésteres.

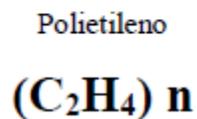
En esta primera muestra la oruga se alimenta de Pamitato de miricilo (cera de abeja), se realizó un análisis de espectroscopia de transmisión de infrarrojo con transformada de Fourier (FTIR).

Mediante el análisis se observa los grupos funcionales que son los siguientes: alcoholes y fenoles, alcanos, alquenos, éteres .

Figura 33: Mecanismo del Análisis 1 (FTIR)

Mecanismo para el Análisis 2

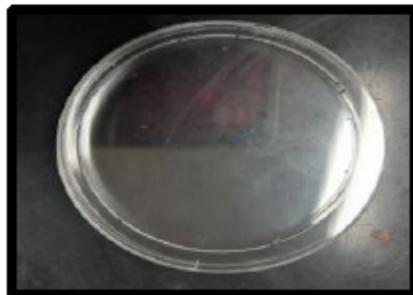
Oruga *Galleria mellonella* consume polietileno (bolsa de plástico transparente), representado en la siguiente fórmula.



Excreta de la Oruga *Galleria mellonella* después de haber consumido (bolsa de plástico transparente).



Polietileno (bolsa de plástico)



Excreta de la Oruga *Galleria mellonella*.

Polietileno (bolsa de plástico) se obtiene de la polimerización del etileno y es compuesto químico orgánico formado por un hidrocarburo (enlaces de hidrógeno y carbono) formado por 2 átomos de carbono y 4 de hidrógeno (C_2H_4)

En esta segunda muestra la oruga se alimenta de polietileno (bolsa de plástico transparente), se realizó un análisis de espectroscopia de transmisión de infrarrojo con transformada de Fourier (FTIR).

Mediante el análisis se observa los grupos funcionales que son los siguientes: alcoholes y fenoles, alcanos, carbonílicos y ésteres .

Figura 34: Mecanismo del Análisis 2 (FTIR)

Mecanismo para el Análisis 3

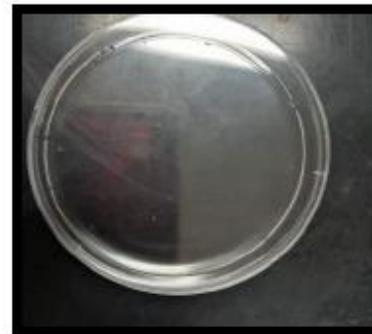
Oruga *Galleria mellonella* consume Poliestireno expandido representado en la siguiente fórmula.

Poliestireno expandido
 $(C_3H_8)_n$

Excreta de la Oruga *Galleria mellonella* después de haber consumido Poliestireno expandido.



Poliestireno expandido



Excreta de la Oruga *Galleria mellonella*.

El Poliestireno expandido es un polímero estructuralmente, con una cadena larga de carbono e hidrógeno, con un grupo fenilo unido cada dos átomos de carbono. Es producido por una polimerización vinílica de radicales libres a partir del monómero de estireno.

En esta tercera muestra la oruga se alimenta de polietileno (bolsa de plástico transparente), se realizó un análisis de espectroscopia de transmisión de infrarrojo con transformada de Fourier (FTIR).

Mediante el análisis se observa los grupos funcionales que son los siguientes: alcoholes y fenoles, alcanos, carbonílicos .

Figura 35 :Mecanismo del Análisis 3 (FTIR)

Se preparó 20 miligramos de Bromuro de potasio con 2 miligramos de cada muestra en estado sólido y se colocó en un mortero, por la presión se transformó en una pastilla de color cristal. Y por último se trasladó al pastillero que se encuentra dentro del equipo traspasando la luz infrarroja.



Figura 36:Modelo Equipo Espectrómetro infrarrojo ,modelo NICOLET IS10 ,SOFTWARE OMNIC.48



Figura 37:Pastillero



Figura 38:Mortero

2.6 Método De Análisis de datos

La información generada en la fase experimental fue analizada y procesada con la ayuda de del Microsoft Office (Word, Excel) y el SSPS (análisis estadístico).

Análisis inferencial:

Nos indica los niveles y valores de las muestras en un menor tamaño.

Prueba de hipótesis:

Resultados para aceptar o rechazar dependiendo de los datos de la muestra.

Análisis de varianza:

Como principal objetivo de algunos experimentos con lleva determinar efectos sobre variables dependiente y que tenga distintas escalas de factores.

T-Student:

Para emplear T-Student se tiene que tener 2 grupos lo cual el objetivo es comparar dos medidas para identifica si hay una diferencia entre ellas, el nivel de probabilidad será mayor que 0.005.

2.7 Aspecto Éticos

- La presente investigación consta de datos existentes, para realizar las debidas pruebas estadísticas.
- La presente investigación tiene como fin ser presentada en mi sustentación para optar título profesional de Ingeniera Ambiental.
- Asesoramiento claro y entendido con el fin de realizar correctamente la investigación.
- El objetivo de mi investigación es que sirva como conocimiento para posibles nuevas investigaciones .

III.RESULTADOS

Etapa 2: Condiciones de un invernadero.

Tabla 5: Datos del invernadero para cada muestra .

Tratamientos	Muestras	Tiempo (hr)	Temperatura (°C)	Humedad (%)
T1 (PE)	Muestra 1	12	24.3	69
	Muestra 2	12	24.6	69
	Muestra 3	12	24.8	69
	Muestra 4	12	25.2	69
	Muestra 5	12	24.2	69
	Muestra 6	12	24.8	69
	Muestra 7	12	24.3	69
	Muestra 8	12	24.6	69
T 2 (EPS)	Muestra 1	12	25.0	69
	Muestra 2	12	25.1	69
	Muestra 3	12	24.6	69
	Muestra 4	12	24.5	69
	Muestra 5	12	26.1	69
	Muestra 6	12	25.1	69
	Muestra 7	12	24.7	69
	Muestra 8	12	24.5	69

Interpretación de la tabla: Se observa las condiciones; tiempo, temperatura y humedad donde la humedad es constante para todas las muestras y la temperatura con variaciones pequeñas según nuestro termohigometro colocado en la parte superior del invernadero.

Etapa 3: Pérdida de masa significativa mediante el peso final del PE

En esta etapa se puede evidenciar un cambio significativo en el peso final para todas las muestras y se utilizó una balanza analítica para dicho resultado. Donde la muestra 2, 3 y 4 están compuestas por alimento tradicional cera y el tipo del residuo para este caso polietileno (bolsa de plástico) lo que significa que existía una posibilidad de ningún cambio evidente para el polietileno (bolsa de plástico) lo cual fue todo lo contrario, entonces se precisa una biodegradación para todas las muestras teniendo en consideración que se tomó solo 12 horas como tiempo transcurrido y 10 orugas *Galleria* lo cual se podría decir que cada muestra trabajo bajo presión. Las muestras 5,6,7,y 8 solo estaban compuestas por polietileno (bolsa de plástico) lo que también significa que existe un cambio significativo es por ello que la presente investigación alcanzó con los objetivos previstos. Además se realizó dos tipos de análisis el primero para observar los grupos funcionales después de haber consumido polietileno (FTIR) espectroscopia de transmisión de infrarrojo con transformada de Fourier y el segundo para analizar su componente volátil (GCMS) cromatografía de gases acoplado a espectrómetro de masas. A continuación, se demostrará mediante figuras y una comparación entre el peso inicial y peso final y una tabla del resumen de todas las muestras.

Tratamiento 1: Peso final del polietileno (bolsa de plástico)



Figura 39:PF de la M1 del alimento

Interpretación de la figura 39: En la figura de la **M1** se observa una balanza analítica que indica el peso final **0,864 g** del alimento tradicional cera confirmando una pérdida de masa significativa a diferencia del peso inicial **1 g** para el alimento tradicional en un tiempo transcurrido las 12 horas con 10 orugas *Galleria mellonella*. Esta muestra no se toma en cuenta por que solo se trabajó con alimento ya que se necesitaba una secuencia siendo así la muestra 1 al 100 %.



Figura 40: PF de la M2 del alimento cera para el tratamiento 1.

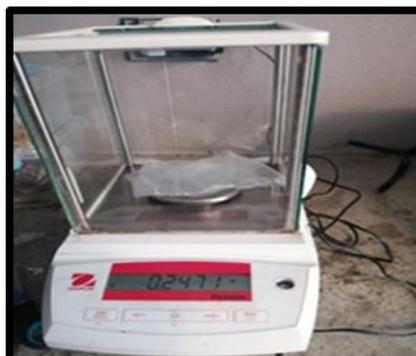


Figura 41: PF de la M2 del EPS para el tratamiento 1.

Interpretación de la figura 40: En la figura de la **M2** se observa una balanza analítica que indica el peso final **0,732 g** del alimento tradicional cera confirmando una pérdida de masa significativa a diferencia del peso inicial.

Interpretación de la figura 41: En la figura de la **M2** se observa una balanza analítica que indica el peso final **0,247 g** del PE confirmando una pérdida de masa significativa a diferencia del peso inicial.



Figura 42: PF de la M3 del alimento cera para el tratamiento 1.



Figura 43: PF de la M3 del EPS para el tratamiento 1.

Interpretación de la figura 42: En la figura de la **M3** se observa una balanza analítica que indica el peso final **0,460 g** del alimento tradicional cera confirmando una pérdida de masa significativa a diferencia del peso inicial.

Interpretación de la figura 43: En la figura de la **M3** se observa una balanza analítica que indica el peso final **0,481 g** del PE confirmando una pérdida de masa significativa a diferencia del peso inicial.



Figura 44: PF de la M4 del EPS para el tratamiento 1.



Figura 45: PF de la M4 del EPS para el tratamiento 1.

Interpretación de la figura 44: En la figura de la **M4** se observa una balanza analítica que indica el peso final **0,236 g** del alimento tradicional cera confirmando una pérdida de masa significativa a diferencia del peso inicial.

Interpretación de la figura 45: En la figura de la **M4** se observa una balanza analítica que indica el peso final **0,740 g** del PE confirmando una pérdida de masa significativa a diferencia del peso inicial.



Figura 46 :PF de la M5 del EPS para el tratamiento 1.



Figura 47:PF de la M6 del EPS para el tratamiento 1.

Interpretación de la figura 46: En la figura de la **M5** se observa una balanza analítica que indica el peso final **0,978 g** del polietileno confirmando una pérdida de masa significativa a diferencia del peso inicial.

Interpretación de la figura 47: En la figura de la **M6** se observa una balanza analítica que indica el peso final **0,745 g** del polietileno confirmando una pérdida de masa significativa a diferencia del peso inicial.

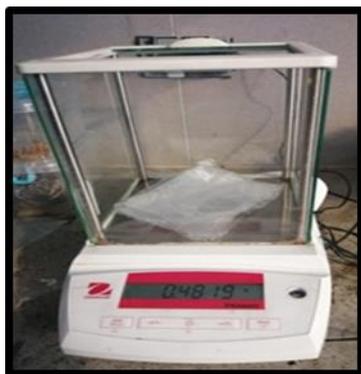


Figura 48:PF de la M7 del EPS para el tratamiento 1.



Figura 49:PF de la M8 del EPS para el tratamiento 1.

Interpretación de la figura 48: En la figura de la M7 se observa una balanza analítica que indica el peso final **0,481 g** del polietileno confirmando una pérdida de masa significativa a diferencia del peso inicial.

Interpretación de la figura 49: En la figura de la M8 se observa una balanza analítica que nos indica el peso final **0,181 g** del polietileno confirmando una pérdida de masa significativa a diferencia del peso inicial.

Muestra 2 del polietileno (bolsa de plástico transparente)

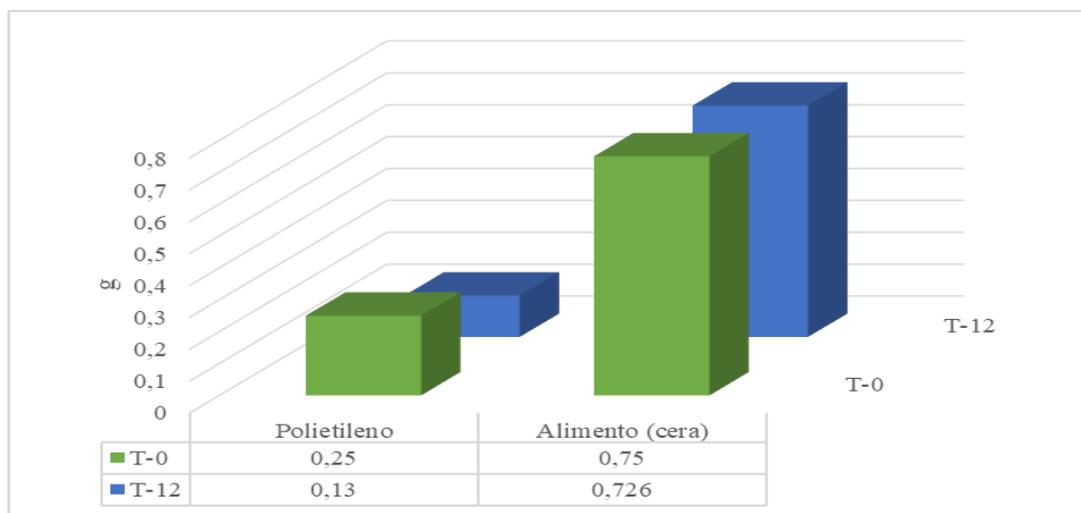


Figura 50:Muestra 2 del polietileno (diferencia de masas)

Interpretación: Se observa una diferencia entre el peso inicial t0 y el peso final t12 y se confirma una pérdida de masa para el polietileno y el alimento tradicional .Para la muestra 2 se trabajó con 25% de polietileno (bolsa de plástico transparente) y 75% de alimento tradicional (cera) y existía la posibilidad de ningún cambio evidente para el polietileno a

causa que la muestra presentaba mayor porcentaje de alimento lo cual resulto todo lo contrario, entonces se precisa una biodegradación para la muestra 2.

Muestra 3 del polietileno (bolsa de plástico transparente)

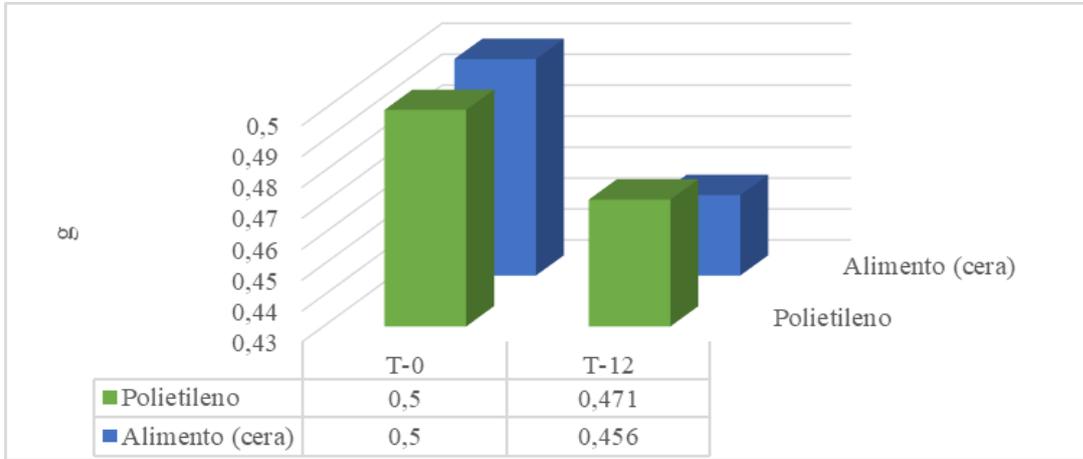


Figura 51:Muestra 3 del polietileno (diferencia de masas)

Interpretación: Se observa una diferencia entre el peso inicial t0 y el peso final t12 y se confirma una pérdida de masa para el polietileno y el alimento tradicional .Para la muestra 3 se trabajó con 50% de polietileno (bolsa de plástico transparente) y 50% de alimento tradicional (cera) y existía la posibilidad de ningún cambio evidente para el polietileno a causa que la muestra presentaba igual porcentaje de alimento lo cual resulto todo lo contrario, entonces se precisa una biodegradación para la muestra 3.

Muestra 4 del polietileno (bolsa de plástico transparente)

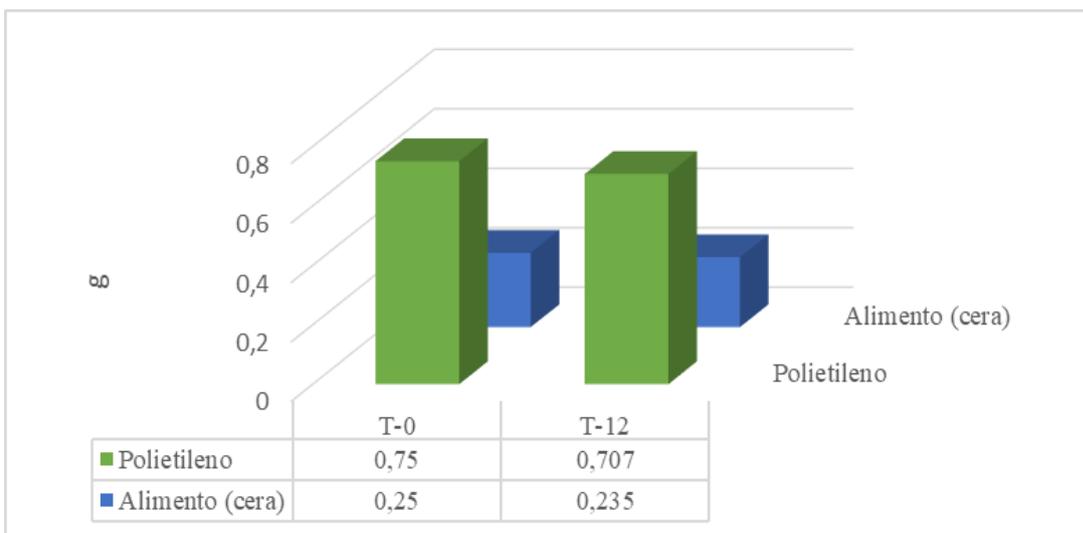


Figura 52:Muestra 4 del polietileno (diferencia de masas)

Interpretación: Se observa una diferencia entre el peso inicial t0 y el peso final t12 y se confirma una pérdida de masa para el polietileno y el alimento tradicional. Para la muestra 4 se trabajó con 75% de polietileno (bolsa de plástico transparente) y 25 % de alimento tradicional (cera) y existía la posibilidad de ningún cambio evidente para el polietileno a causa que la muestra se sigue presenciando el alimento en menor porcentaje lo que resulta ser más dificultosa la acción de las orugas *Galleria mellonella* para el polietileno, pero por lo contrario se precisa una biodegradación.

Muestra 5,6,7,8 del polietileno (bolsa de plástico transparente)

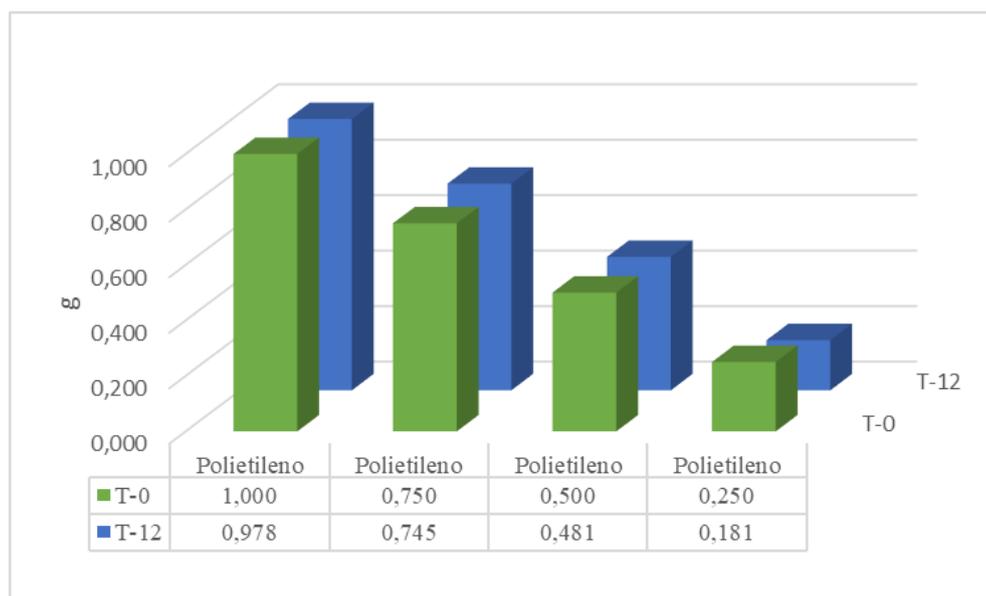


Figura 53: Muestra 5,6,7 y 8 del polietileno (diferencia de masas)

Interpretación: Se observa una diferencia entre el peso inicial t0 y el peso final t12 y se confirma una pérdida de masa entonces se precisa una biodegradación.

Tabla 6: Resumen de todas las muestras para el POLIETILENO (bolsa de plástico transparente)

MUESTRAS	Peso inicial del alimento (g)	Peso final del alimento (g)	Peso inicial (g) del PE	Peso final (g) del EPS
Muestra 1	1.000	0.864	-	-
Muestra 2	0.750	0.732	0.250	0.247
Muestra 3	0.500	0.460	0.500	0.481
Muestra 4	0.250	0.236	0.750	0.740

Muestra 5	-	-	1.000	0.978
Muestra 6	-	-	0.750	0.745
Muestra 7	-	-	0.500	0.481
Muestra 8	-	-	0.250	0.181

Interpretación de la tabla: Se observa una tabla con el resumen de las muestras M1, M2, M3, M4, M5, M6, M7, M8 para el polietileno.

Imagen de alta resolución –polietileno (PE): Mediante imagen de alta resolución se aprecia a la superficie con agujeros en el cual demuestra biodegradación, modificando la integridad de la superficie del polímero durante 12 horas con 10 orugas *Galleria mellonella*. Teniendo como biodegradación A, B, C:

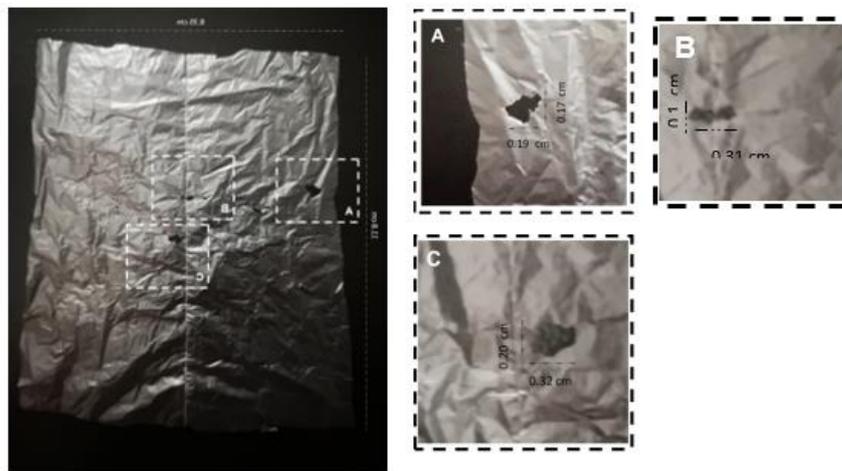


Figura 54: Imagen de alta resolución poliestireno expandido

Interpretación: Mediante la imagen de alta resolución, se observa agujeros y confirma pérdida de la integridad de la superficie de la bolsa de plástico (PE) durante 12 horas por la acción de las orugas *Galleria mellonella*. Teniendo como biodegradación A, B, C

Pérdida de masa significativa mediante el peso final del EPS

En esta etapa se puede evidenciar un cambio significativo en el peso final para todas las muestras y se utilizó una balanza analítica para dicho resultado. Donde la muestra 2, 3 y 4 están compuestas por alimento tradicional cera y el tipo del residuo para este caso poliestireno expandido (tecnopor) lo que significa que existía una posibilidad de ningún cambio evidente para el poliestireno expandido (tecnopor) lo cual fue todo lo contrario,

entonces se precisa una biodegradación para todas las muestras teniendo en consideración que se tomó solo 12 horas como tiempo transcurrido y 10 orugas *Galleria* lo cual se podría decir que cada muestra trabajo bajo presión .Las muestras 5,6,7,y 8 solo estaban compuestas por poliestireno expandido (tecnopor) lo que también significa que existe un cambio significativo es por ello que la presente investigación alcanzo con los objetivos previstos .Además se realizó dos tipos de análisis el primero para observar los grupos funcionales después de haber consumido polietileno (FTIR) espectroscopia de transmisión de infrarrojo con transformada de Fourier y el segundo para analizar su componente volátil (GCMS) cromatografía de gases acoplado a espectrómetro de masas .A continuación, se demostrará mediante figuras y una comparación entre el peso inicial y peso final y una tabla del resumen de todas las muestras.

Tratamiento 1: Peso final del polietileno (bolsa de plástico)



Figura 55. PF de la M2 del alimento cera para el tratamiento 2.

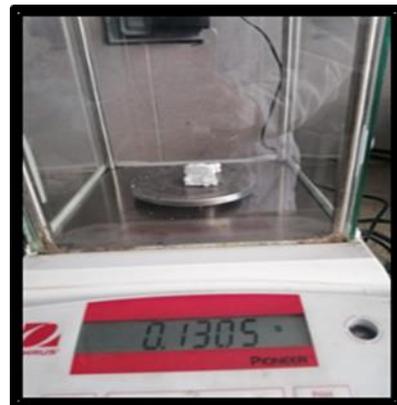


Figura 56: PF de la M2 del EPS para el tratamiento 2 .

Interpretación de la figura 55: En la figura de la M2 se observa una balanza analítica que nos indica el peso final **0,250 g** del alimento confirmando una pérdida de masa significativa a diferencia del peso inicial.

Interpretación de la figura 56: En la figura de la M2 se observa una balanza analítica que nos indica el peso final **0,130 g** del poliestireno expandido confirmando una pérdida de masa significativa a diferencia del peso inicial.

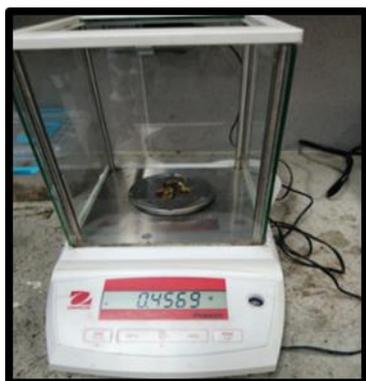


Figura 57. PF de la M3 del alimento cera para el tratamiento 2.

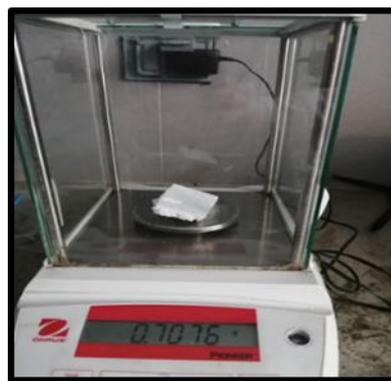


Figura 58: PF de la M3 del EPS para el tratamiento 2 .

Interpretación de la figura 57: En la figura de la M3 se observa una balanza analítica que nos indica el peso final **0,456 g** del alimento tradicional cera confirmando una pérdida de masa significativa a diferencia del peso inicial.

Interpretación de la figura 58: En la figura de la M3 se observa una balanza analítica que nos indica el peso final **0,471 g** del Poliestireno expandido confirmando una pérdida de masa significativa a diferencia del peso inicial.



Figura 59. PF de la M4 del alimento cera para el tratamiento 2.

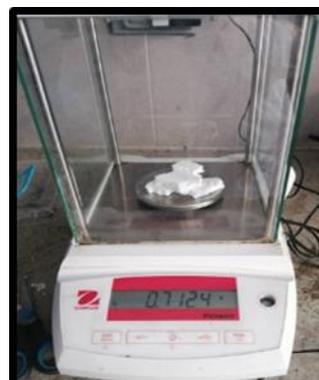


Figura 60: PF de la M4 del EPS para el tratamiento 2 .

Interpretación de la figura 59: En la figura de la M4 se observa una balanza analítica que indica el peso final del alimento tradicional cera confirmando una pérdida de masa significativa a diferencia del peso inicial.

Interpretación de la figura 60: En la figura de la M4 se observa una balanza analítica que indica el peso final del poliestireno expandido confirmando una pérdida de masa significativa a diferencia del peso inicial.



Figura 61: PF de la M5 del EPS para el tratamiento 2 .

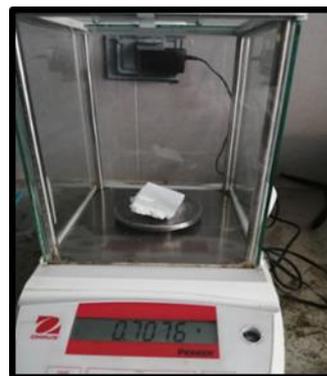


Figura 62: PF de la M6 del EPS para el tratamiento 2 .

Interpretación de la figura 61: En la figura de la **M5** se observa una balanza analítica que indica el peso final **0,895 g** del poliestireno expandido confirmando una pérdida de masa significativa a diferencia del peso inicial.

Interpretación de la figura 62: En la figura de la **M6** se observa una balanza analítica que indica el peso final **0,712 g** del poliestireno expandido confirmando una pérdida de masa significativa a diferencia del peso inicial.

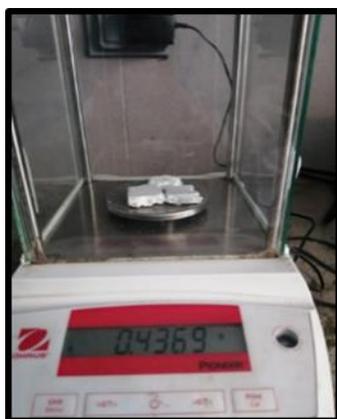


Figura 63: PF de la M7 del EPS para el tratamiento 2 .

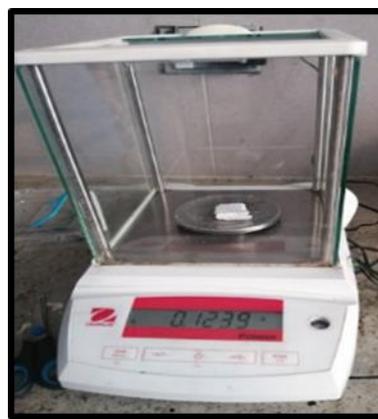


Figura 64: PF de la M8 del EPS para el tratamiento 2 .

Interpretación de la figura 63: En la figura de la **M7** se observa una balanza analítica que indica el peso final **0,436 g** del poliestireno expandido confirmando una pérdida de masa significativa a diferencia del peso inicial.

Interpretación de la figura 64: En la figura de la **M8** se observa una balanza analítica que indica el peso final **0,123 g** del poliestireno expandido confirmando una pérdida de masa significativa a diferencia del peso inicial.

Muestra 2 del poliestireno expandido (tecnopor)

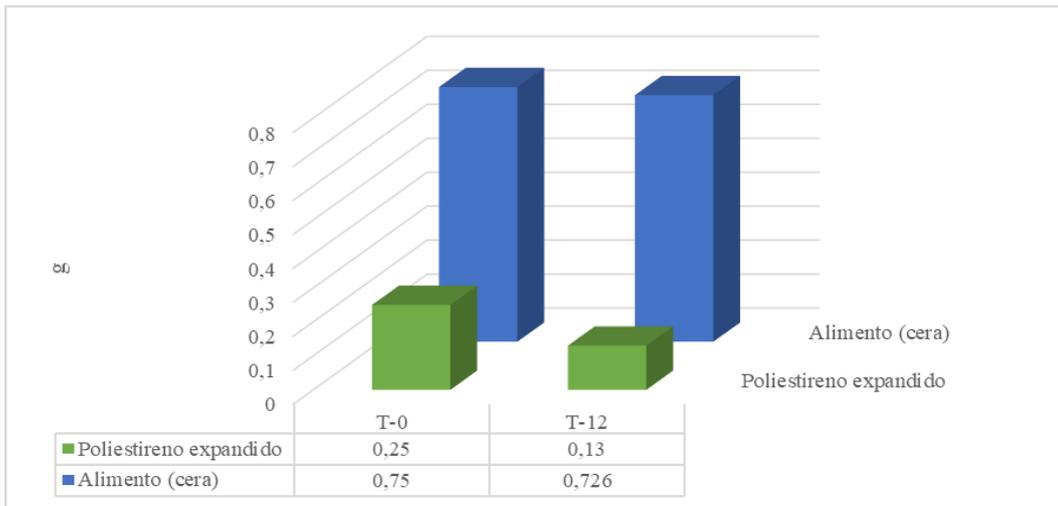


Figura 65: Muestra 2 del poliestireno expandido (diferencia de masas)

Interpretación: Se observa una diferencia entre el peso inicial t0 y el peso final t12 y se confirma una pérdida de masa para el polietileno y el alimento tradicional. Para la muestra 2 se trabajó con 25% de poliestireno expandido (tecnopor) y 75 % de alimento tradicional (cera) y existía la posibilidad de ningún cambio evidente para el polietileno a causa que la muestra presentaba mayor porcentaje de alimento lo cual fue todo lo contrario, entonces se precisa una biodegradación para la muestra 2.

Muestra 3 del poliestireno expandido (tecnopor)

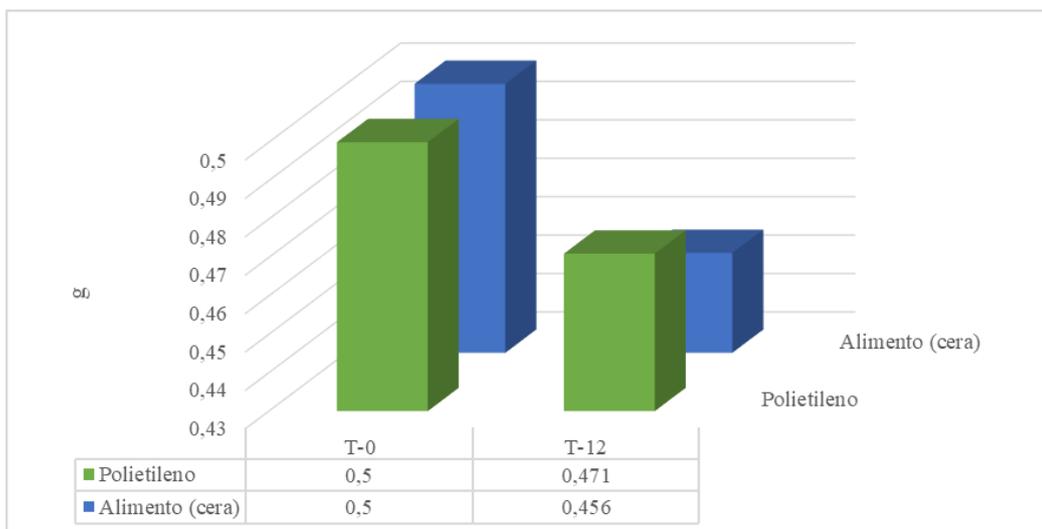


Figura 66: Muestra 3 del EPS (diferencia de masas)

Interpretación: Se observa una diferencia entre el peso inicial t0 y el peso final t12 y se confirma una pérdida de masa para el polietileno y el alimento tradicional. Para la muestra 3 se trabajó con 50% de poliestireno expandido (tecnopor) y 50 % de alimento tradicional (cera) existía la posibilidad de ningún cambio evidente para el polietileno a causa que la muestra presentaba igual porcentaje de alimento lo cual fue todo lo contrario, entonces se precisa una biodegradación para la muestra 3.

Muestra 4 del poliestireno expandido (tecnopor)

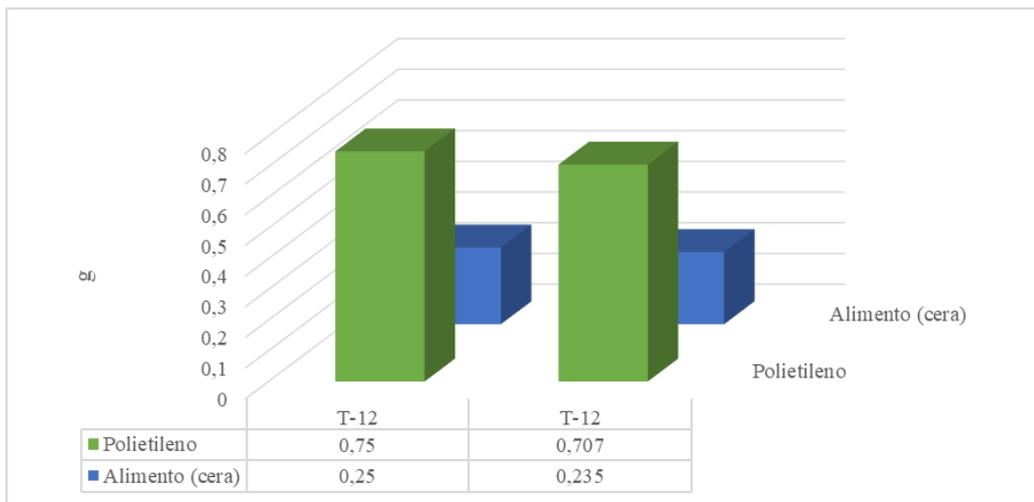


Figura 67:Muestra 4 del EPS(diferencia de masas)

Interpretación: Se observa una diferencia entre el peso inicial t0 y el peso final t12 y se confirma una pérdida de masa para el polietileno y el alimento tradicional. Para la muestra 4 se trabajó con 75% de poliestireno expandido (tecnopor) y 25 % de alimento tradicional (cera) existía la posibilidad de ningún cambio evidente para el polietileno a causa que la muestra se sigue presenciando el alimento en menor porcentaje lo que resulta ser más dificultosa la acción de las orugas *Galleria mellonella* para el polietileno, pero por lo contrario se precisa una biodegradación.

Muestra 5,6,7 y 8 del poliestireno expandido (tecnopor)

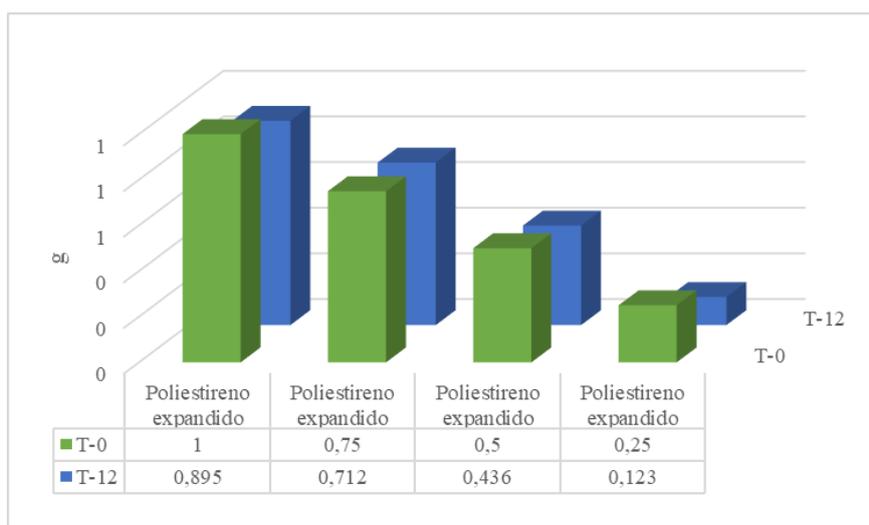


Figura 68: Muestra 5,6,7 y 8 del poliestireno expandido (diferencia de masas)

Interpretación: Se observa una diferencia entre el peso inicial t0 y el peso final t12 y se confirma una pérdida de masa entonces se precisa una biodegradación.

Tabla 7: Resumen de todas las muestras para el POLIESTIRENO EXPANDIDO (tecnopor)

MUESTRAS	Peso inicial del alimento (g)	Peso final del alimento (g)	Peso inicial (g)	Peso final (g)
Muestra 1	1.000	0.864	-	-
Muestra 2	0.750	0.726	0.250	0.130
Muestra 3	0.500	0.456	0.500	0.471
Muestra 4	0.250	0.235	0.750	0.707
Muestra 5	-	-	1.000	0.895
Muestra 6	-	-	0.750	0.712
Muestra 7	-	-	0.500	0.436
Muestra 8	-	-	0.250	0.123

Imagen de alta resolución–poliestireno expandido (EPS)

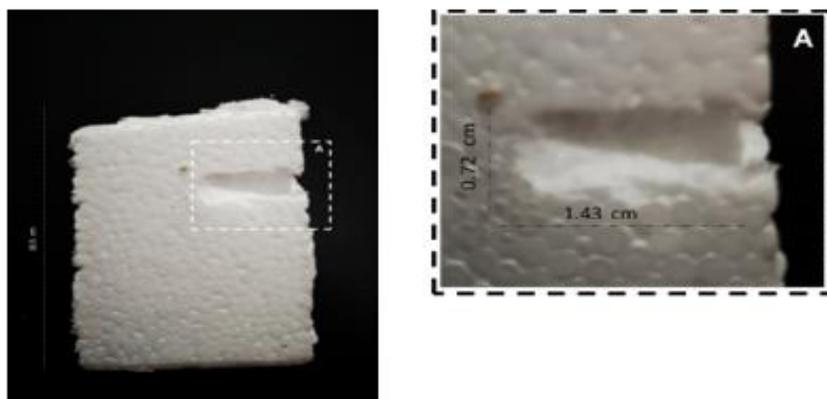


Figura 69:Imagen de alta resolución poliestireno expandido .

Interpretación: Mediante imagen de alta resolución se aprecia a la superficie con agujeros en el cual demuestra que hay una reducción del Poliestireno expandido llegando así a la conclusión que hubo una biodegradación modificando la integridad de la superficie del polímero durante 12 horas con 10 orugas *Galleria mellonella* . Teniendo como biodegradación A,

Comparación 1: De la muestra 2, muestra 3 y muestra 4 para el polietileno y poliestireno expandido.

Mediante una tabla y figuras se presenciara una comparación de las tres primeras muestras del polietileno (bolsa de plástico) y poliestireno expandido (tecnopor). En la presente investigación se realizó muestras con alimento tradicional con el objetivo de evidenciar si las orugas al consumir dicha cera ya no tendrán la acción de biodegradación para los residuos.

Tabla 8:Comparación 1 de la muestra 2,muestra 3 y muestra 4

Comparación # 1				
	Alimento (g) Cera	Residuo (g) PE o EPS	Peso final del PE	Peso final del EPS
Muestra 2	0,75	0,25	0,247	0,13
Muestra 3	0,5	0,5	0,481	0,471
Muestra 4	0,25	0,25	0,74	0,707

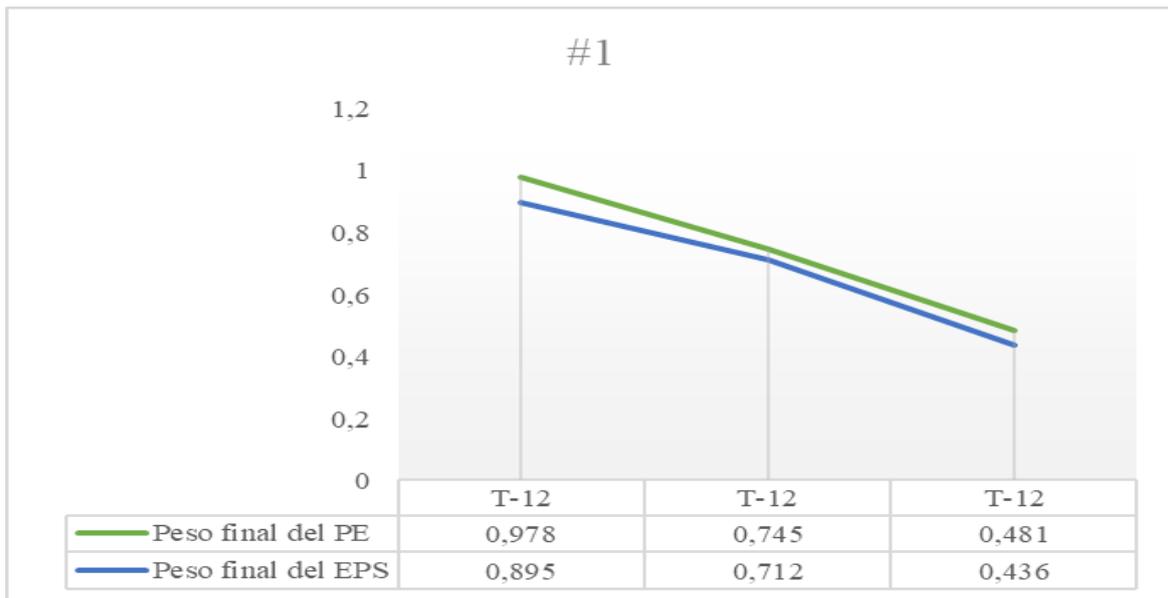


Figura 70 : Comparación 1:muestra 2,muestra3 y muestra4 .

Interpretación: Se observa en la figura dos líneas de tendencia, la azul que nos indica el peso final del polietileno y a línea roja el peso final del poliestireno expandido con la finalidad de entender que entre los dos pesos finales hay una diferencia es así que se puede confirmar una mayor pérdida de masa para el EPS ya que su peso final fue menor que el PE.

Comparación 2: De la muestra 5 muestra 6, muestra7 y muestra 8 para el polietileno y poliestireno expandido.

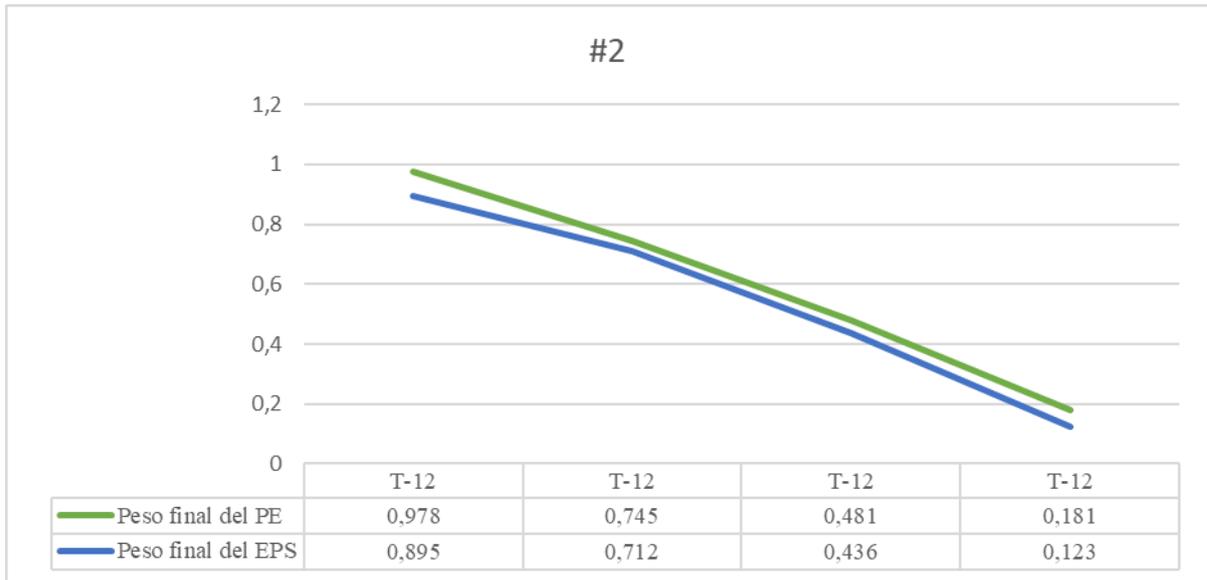
Mediante una tabla y figuras se realizó una comparación de las cuatros ultimas muestras para el polietileno (bolsa de plástico) o poliestireno expandido (tecnopor) donde se confirma si existe biodegradación por acción de la oruga *Galleria mellonella* y su cambio evidente de la superficie para los dos casos , esta comparación tiene como objetivo analizar qué tipo de polímero se biodegradaron o si fue para los dos casos y observando así la aparición de más agujeros y mediante un gráfico se explicara si hay una diferencias de masa en grandes cantidades o pequeñas cantidades.

<i>Tabla 9: Comparación 2 de la muestra 5,muestra 6 , muestra 7 y de la muestra 8</i>			
Comparación # 2			
	Alimento (g)	Peso final del PE	Peso final del EPS
Muestra 5	0,1	0,978	0,895
Muestra 6	0,75	0,745	0,712

Muestra 7	0,5	0,481	0,436
Muestra 8	0,25	0,181	0,123

Figura 71: Comparación 2: muestra 5, muestra 6, muestra 7 y muestra 8.

Interpretación: Se observa en la figura dos líneas de tendencia, la azul que nos indica el peso final del polietileno y a línea roja el peso final del poliestireno expandido con la



finalidad de entender que entre los dos pesos finales hay una diferencia es así que se puede confirmar una mayor pérdida de masa para el EPS ya que su peso final fue menor que el PE.

Comparación en porcentaje

En la figura se observa una comparación en porcentaje de los pesos finales del polietileno y poliestireno expandido de las muestras 5, muestra 6, muestra 7 y muestra 8.

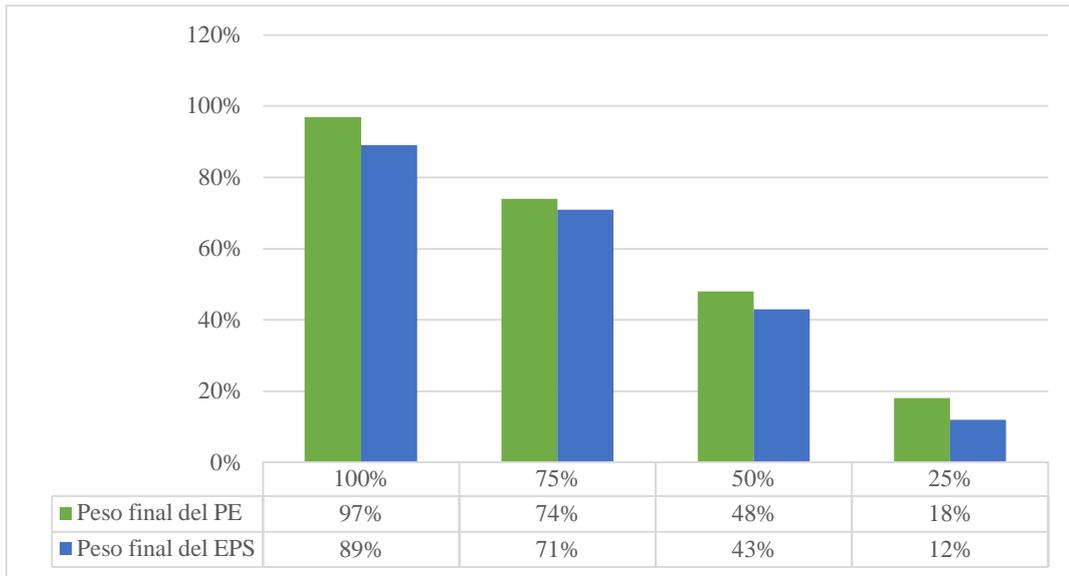


Figura 72: Comparación en porcentaje de las muestra 5, muestra 6, muestra 7 y muestra 8.

Interpretación:

- En la figura se observa el peso inicial al 100 % y el peso final del polietileno al 97 % encontrando una diferencia de 3%.
En la figura se observa el peso inicial al 100 % y el peso final del poliestireno expandido al 89 % encontrando una diferencia de 1%.
- En la figura se observa el peso inicial al 75 % y el peso final del polietileno al 74% encontrando una diferencia de 1%.
En la figura se observa el peso inicial al 75 % y el peso final del poliestireno expandido al 71% encontrando una diferencia de 4%.
- En la figura se observa el peso inicial al 50 % y el peso final del polietileno al 48% encontrando una diferencia de 2%.
En la figura se observa el peso inicial al 50 % y el peso final del poliestireno expandido al 43% encontrando una diferencia de 7%.
- En la figura se observa el peso inicial al 25 % y el peso final del polietileno al 18% encontrando una diferencia de 7%.
En la figura se observa el peso inicial al 25 % y el peso final del poliestireno expandido al 12% encontrando una diferencia de 13%.

Prueba de normalidad de los datos

En la siguiente tabla se presentan los resultados de la prueba de bondad de ajuste de Shapiro Wilk, lo cual se usó debido a que la base de datos está compuesta por menos de 50 datos. Encontrando valores de p mayores de 0.05; en tal sentido al demostrar que los datos siguen una distribución normal, para contrastar las hipótesis, se deberá emplear estadísticas paramétricas: T de student..

Tabla 10: Tabla de Normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
T1-Polietileno	,174	14	,200*	,915	14	0,183
T2-Poliestireno	,161	14	,200*	,947	14	0,516
*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.						
a. Corrección de significación de Lilliefors						

CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

Cálculos estadísticos:

El cálculo del valor de t de student se determinó con el software estadístico SPSS versión 23 para las variables.

Hipótesis específica 1:

Ha: Eficiencia de biodegradación para los residuos polietileno (PE) por acción de la oruga *Galleria mellonella* es significativa.

Ho: Eficiencia de biodegradación para los residuos polietileno (PE) por acción de la oruga *Galleria mellonella* no es significativa.

Definición de Variables

u₁: Promedio de masa del residuo de polietileno (PE) inicial.

u₂: Promedio de la diferencia de masa del residuo de polietileno (PE)

Tabla 11: Definición de variables para la hipótesis 1

Hipótesis Estadísticas

Ha:	$\mu_1 \neq \mu_2$
Promedio de masa del residuo de polietileno (PE) iniciales es diferente al promedio de la diferencia de masa del residuo de polietileno (PE).	
Ho:	$\mu_1 = \mu_2$
Promedio de masa del residuo de polietileno (PE) iniciales es igual al promedio de la diferencia de masa del residuo de polietileno (PE).	

Estadígrafo de contraste

Para la comparación de medias entre el promedio de masa del residuo de polietileno (PE) inicial con el promedio de la diferencia de masa del residuo de polietileno (PE); se utilizará el t de student por tener un tamaño de muestra menor de 30, siendo la fórmula que la rige la siguiente:

Tabla 12: Estadística de grupo ,Hipótesis 1

Estadísticas de grupo					
	Grupo	N	Media (suma total de todas la muestras entre 7)	Desviación estándar	Media de error estándar
T1-Polietileno	Peso inicial del residuo (g)	7	,5714286	,27817432	,10514001
	Diferencia de masa del residuo (g)	7	,0210000	,02241279	,00847124

	t de student	sigma (p)
PESO INICIAL DEL RESIDUO (g) y DIFERENCIA DE MASA DEL RESIDUO (g)	4.669	0.001

Tabla 13 :Región Crítica de acuerdo a la tabla t de student para la hipótesis 1

Región Crítica

Grados de libertad	0.25	0.1	0.05	0.025	0.01	0.005
1	1.0000	3.0777	6.3137	12.7062	31.8210	63.6559
2	0.8165	1.8856	2.9200	4.3027	6.9645	9.9250
3	0.7649	1.6377	2.3534	3.1824	4.5407	5.8408
4	0.7407	1.5332	2.1318	2.7765	3.7469	4.6041
5	0.7267	1.4759	2.0150	2.5706	3.3649	4.0321
6	0.7176	1.4398	1.9432	2.4469	3.1427	3.7074
7	0.7111	1.4149	1.8946	2.3646	2.9979	3.4995
8	0.7064	1.3968	1.8595	2.3060	2.8965	3.3554
9	0.7027	1.3830	1.8331	2.2622	2.8214	3.2498
10	0.6998	1.3722	1.8125	2.2281	2.7638	3.1693
11	0.6974	1.3634	1.7959	2.2010	2.7181	3.1058
12	0.6955	1.3562	1.7823	2.1788	2.6810	3.0545
13	0.6938	1.3502	1.7709	2.1604	2.6503	3.0123
14	0.6924	1.3450	1.7613	2.1448	2.6245	2.9768
15	0.6912	1.3406	1.7531	2.1315	2.6025	2.9467
16	0.6901	1.3368	1.7459	2.1199	2.5835	2.9208
17	0.6892	1.3334	1.7396	2.1098	2.5669	2.8982
18	0.6884	1.3304	1.7341	2.1009	2.5524	2.8784
19	0.6876	1.3277	1.7291	2.0930	2.5395	2.8609

Tabla Student

Con la ayuda de la tabla Student se calcula el valor t_t , el nivel de significancia es de 0.05 rechaza la hipótesis nula cuando es verdadera. Los grados de libertad se calcula por formula.

Entonces:

Para $\alpha = 0.05$, y con 12 grados de libertad tenemos un valor de:

$$t_t = 1.7823 \quad (t_t : t \text{ de tablas})$$

Entonces la región crítica de la prueba es $-1.7823 < t_t < 1.7823$

Curva t de Student



Conclusión

De los cálculos obtenidos en el SPSS Ver 23 se observa que el valor de t calculado $t_c = 5.218$; siendo mayor al valor de t_{tablas} :

$$t_c > t_t$$

$$5.218 > 1.7823$$

Por lo tanto, rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la alterna.: Determinado que el promedio de masa del residuo de polietileno (PE) inicial con el promedio de la diferencia de

masa del residuo de polietileno (PE) es diferente; por lo tanto, comprobamos que efectivamente existe eficiencia de biodegradación para los residuos polietileno (PE) por acción de la oruga *Galleria mellonella* significativamente.

Hipótesis específica 2:

Ha: Eficiencia de biodegradación para los residuos poliestireno (EPS) por acción de la oruga *Galleria mellonella* es significativa.

Ho: Eficiencia de biodegradación para los residuos poliestireno (EPS) por acción de la oruga *Galleria mellonella* no es significativa.

Definición de Variables

u₁: Promedio de masa del residuo de poliestireno expandido (EPS).

u₂: Promedio de la diferencia de masa del residuo de poliestireno expandido (EPS).

Hipótesis Estadísticas	
Ha:	$u_1 \neq u_2$
Promedio de masa del residuo de polietileno expandido (EPS) iniciales es diferente al promedio de la diferencia de masa del residuo de polietileno (EPS).	
Ho:	$u_1 = u_2$
Promedio de masa del residuo de polietileno expandido (EPS) iniciales es igual al promedio de la diferencia de masa del residuo de polietileno (EPS).	

ESTADÍGRAFO DE CONTRASTE

Para la comparación de medias entre el promedio de masa del residuo de poliestireno expandido (EPS) inicial con el promedio de la diferencia de masa del residuo de poliestireno expandido (EPS); se utilizará el t de student por tener un tamaño de muestra menor de 30, siendo la fórmula que la rige la siguiente:

Tabla 15: Estadística de grupo, Hipótesis 2

Estadísticas de grupo					
	Grupo	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
T2- Poliestireno expandido	Peso inicial del residuo (gr)	7	,571429	,2781743	,1051400
	Diferencia de masa del residuo (gr)	7	,075143	,0413498	,0156288

	t de student	sigma (p)
PESO INICIAL DEL RESIDUO (g) y DIFERENCIA DE MASA DEL RESIDUO (g)	4.669	0.001

Tabla 16 : Región Crítica de acuerdo a la tabla t de student para la hipótesis 1

Región Crítica
Para $\alpha = 0.05$, y con 12 grados de libertad tenemos un valor de: $t_t = 1.7823$ (t_t : t de tablas)

Entonces la región crítica de la prueba es $-1.7823 < t_t < 1.7823$

Curva t de Student



Conclusión

De los cálculos obtenidos en el SPSS Ver 23 se observa que el valor de t calculado $t_c = 4.669$; siendo mayor al valor de t_{tablas} :

$$t_c > t_t$$

$$4.669 > 1.7823$$

Por lo tanto, rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la alterna. Determinado que el promedio de masa del residuo de Poliestireno expandido (EPS) inicial con el promedio de la diferencia de masa del residuo de poliestireno expandido(EPS) es diferente, por lo tanto; comprobamos que efectivamente existe eficiencia de biodegradación para los residuos poliestireno expandido (EPS) por acción de la oruga *Galleria mellonella* significativamente.

Etapa 5: Transformación química (FTIR)

Análisis 1:

Se analizó el excremento de la oruga *Galleria mellonella* después de haber consumido su alimento natural (cera) mediante espectroscopia de transmisión de infrarrojo con transformada de Fourier donde da como resultados diferentes compuestos para identificar los grupos funcionales para interpretar los picos generados en los espectros se utilizó una tabla de absorciones características en el infrarrojo.

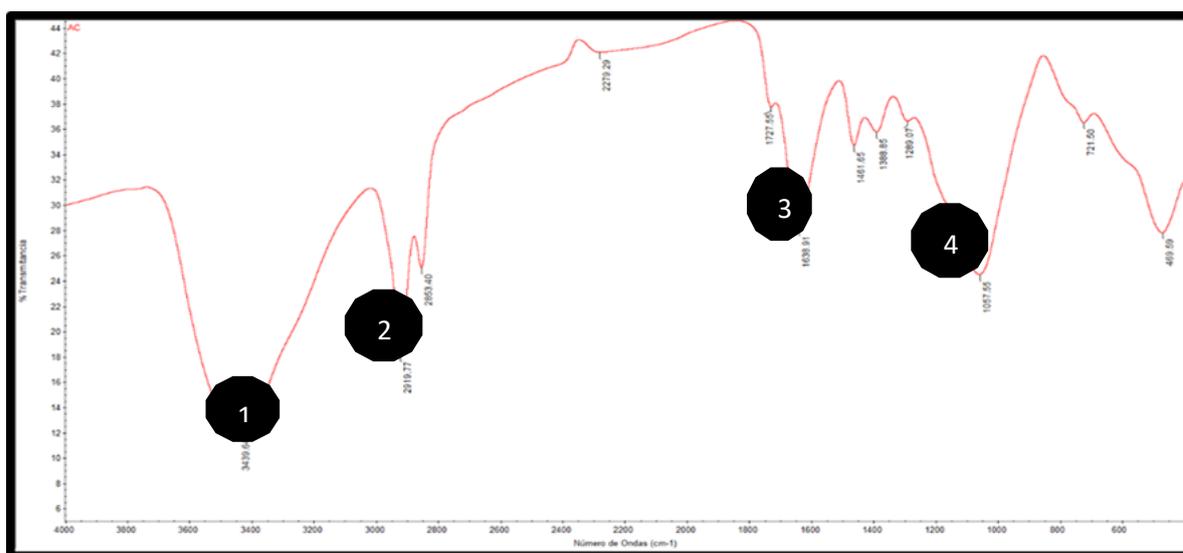


Figura 73: Análisis 1 (FTIR)

Interpretación:

Según el número de onda 3400 y 3600 para el pico numero 1 pertenece a la función alcoholes y fenoles y una banda típica estir O-H .

Según el número de onda 2800 y 3000 para el pico numero 2 pertenece a la función alcanos y una banda típica estir -C-H.

Según el número de onda 1400 y 1600 para el pico número 3 pertenece a la función alquenos y una banda típica estir C=C.

Según el número de onda 1000 y 1200 para el pico número 4 pertenece a la función éteres y una banda típica estir C-O-

Interpretación de acuerdo a los resultados espectroscópicos de transmisión de infrarrojo con transformada de Fourier:

Para el segundo caso la oruga *Galleria mellonella* después de su ingesta de alimento tradicional (cera) y mediante el análisis de FTIR se encontró los grupos funcionales que son los siguientes: alcoholes y fenoles, alquenos, carbonílicos y ésteres. Llegando a la conclusión que la oruga *Galleria mellonella* lo que consume lo excreta ya que a la hora de consumir su alimento tradicional (cera) está ingiriendo sustancias formadas por ésteres de los ácidos grasos con alcoholes de cadena larga y monohidroxilo y un ácido graso, lípidos simples formados de alcoholes y por ácidos carboxílicos los que componen el resto de las grasas entonces mediante el análisis realizado las oruga *Galleria mellonella* excretan compuestos similares o derivados del alimento tradicional (cera) teniendo como coincidencia el alcohol etilén glicol por el mismo contenido ya que es un ingrediente para todas las grasas y aceites y para el caso de los ésteres por las mismas coincidencias de los compuestos alimento tradicional (cera). En el caso de los alquenos son hidrocarburos que tienen uno o varios enlaces de carbono y como se sabe algunos polímeros sintéticos como es el polietileno o el poliestireno expandido son alcanos de cadenas que contienen miles de átomos de carbono esto quiere decir que el poliestireno expandido es químicamente un polímero simple que se obtiene de la polimerización del etileno y que a la hora que ingieren dicho residuo las orugas *Galleria mellonella* expulsan ciertos compuestos, es por eso que encontramos una coincidencia más para el pico de alcanos.

Interpretación de acuerdo a los resultados espectroscópicos de transmisión de infrarrojo con transformada de Fourier representados en fórmulas químicas:

Según lo analizado anteriormente nuestra oruga *Galleria mellonella* consume Palmitato de miricilo (cera de abeja), representado en la siguiente fórmula:

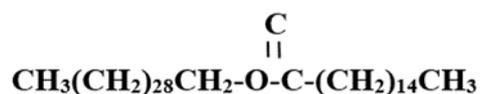


Figura 74: Fórmula química (cera de abeja)

Como se ve en la imagen anterior dicha cera de abeja en conjunto contiene alcohol, éster y ácidos grasos. Minimizando dicha fórmula, ya sea para la parte del alcohol y la parte de ácido graso (amida), se obtiene lo siguiente:

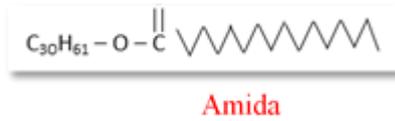


Figura 75: Fórmula química (cera) amida

En esta primera muestra la oruga se alimenta de Pamitato de miricilo (cera de abeja), nos lleva a la conclusión según el análisis espectroscopia de transmisión de infrarrojo con transformada de Fourier (**FTIR**) que los primeros picos pertenece a la función alcoholes y fenoles y una banda típica estir O-H, seguidos por alcanos y una banda típica estir -C-H, cabe señalar que los últimos dos picos de nuestro espectroscopia de transmisión de infrarrojo con transformada de Fourier (**FTIR**) nos indican la presencia de alquenos y una banda típica estir C=C seguidos por éteres y una banda típica estir C-O-Finalmente se obtiene la siguiente reacción química para nuestra primera muestra:

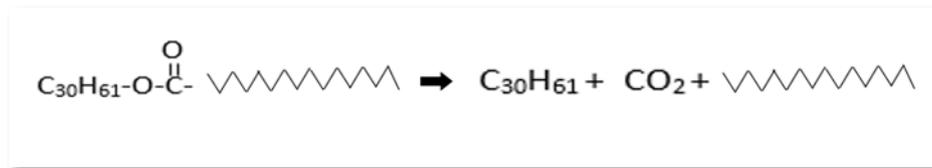


Figura 76: Reacción química cuando la oruga consume su alimento tradicional

Se puede decir que nuestra oruga rompe enlace químico de la cera, lo fermenta en su interior transformándose en alcohol, pero en baja concentración y arrojando CO₂ como cualquier ser vivo.

Análisis 2:

Se analizó el excremento de la oruga *Galleria mellonella* después de haber consumido POLIETILENO mediante espectroscopia de transmisión de infrarrojo con transformada de Fourier donde y se logra como resultados diferentes compuestos para identificar los grupos funcionales presentes en las muestras, para interpretar los picos generados en los espectros se utilizó una tabla de absorciones características en el infrarrojo.

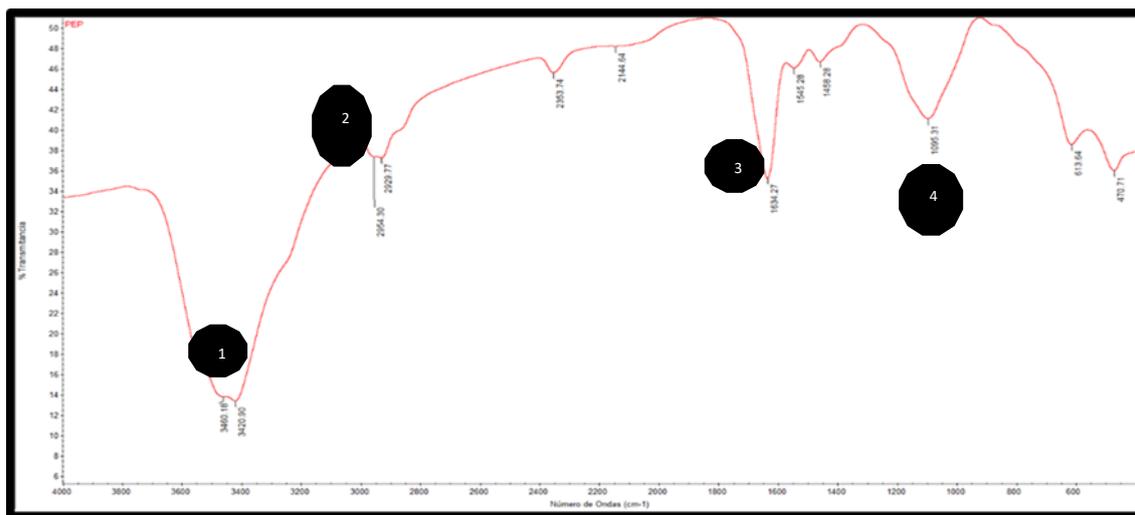


Figura 77: Análisis 2 (FTIR)

Interpretación:

Según el número de onda 3400 Y 3600 para el pico numero 1 pertenece a la función alcoholes y fenoles y una banda típica estir O-H con más concentración ya que presenta 2 puntos.

Según el número de onda 2800 y 3000 para el pico numero 2 pertenece a la función alcanos y una banda típica estir -C-H con más concentración ya que presenta 2 puntos.

Según el número de onda 1600 y 1800 para el pico numero 3 pertenece a la función de compuestos carbonilicos y una banda típica Estir C=O

Según el número de onda 1000 y 12 00 para el pico numero 4 pertenece a la función de esterres y una banda típica C-O-C

Interpretación de acuerdo a los resultados espectroscópicos de transmisión de infrarrojo con transformada de Fourier:

Para el segundo caso la oruga *Galleria mellonella* después de su ingesta de polietileno (bolsa de plástico) y alimento tradicional (cera) y mediante el análisis de FTIR se encontraron los grupos funcionales que son los siguientes: alcoholes y fenoles, alcanos, carbonílicos y ésteres. Llegando a la conclusión que la oruga *Galleria mellonella* lo que consume lo excreta ya que a la hora de consumir alimento tradicional (cera) está ingiriendo sustancias formadas por ésteres de los ácidos grasos con alcoholes de cadena larga y monohidroxilo y un ácido graso, lípidos simples formados de alcoholes y por ácidos carboxílicos los que componen el resto de las grasas entonces se consigue decir mediante el análisis realizado que las orugas *Galleria mellonella* excretan compuestos similares o derivados del alimento tradicional (cera) teniendo como coincidencia el alcohol etilén glicol por el mismo contenido ya que es un ingrediente para todas las grasas y aceites y los compuestos carbonílicos y ésteres por las mismas coincidencias de los compuestos del alimento tradicional (cera). En el caso de los alcanos son hidrocarburos más simples porque contienen carbono e hidrógeno unido por enlace, y como se sabe algunos polímeros sintéticos como es el polietileno o el poliestireno expandido son alcanos de cadenas que contienen miles de átomos de carbono esto quiere decir que el poliestireno expandido es químicamente un polímero simple que se obtiene de la polimerización del etileno y que a la hora que ingieren dicho residuo las orugas *Galleria mellonella* expulsan ciertos compuestos, es por eso que encontramos una coincidencia más para el pico de alcanos.

Interpretación de acuerdo a los resultados espectroscópicos transmisión de infrarrojo con transformada de Fourier representados en fórmula químicas:

En la segunda muestra se colocó su alimento Palmitato de miricilo (cera de abeja) y Polietileno, donde se puede observar en la espectroscopia de transmisión de infrarrojo con transformada de Fourier (FTIR) lo siguiente: Los primeros picos pertenecen a la función alcoholes y fenoles y una banda típica estir O-H con más concentración ya que presenta 2 puntos, seguidos alcanos y una banda típica estir -C-H con más concentración ya que presenta 2 puntos, cabe señalar que los últimos dos picos de nuestro FTIR nos indican la presencia de alquenos y una banda típica estir C=C. Para poder evaluar la reacción química arrojado, primero debemos saber la fórmula química del polietileno, la cual es:



Finalmente se obtiene la siguiente reacción química para nuestra primera muestra:

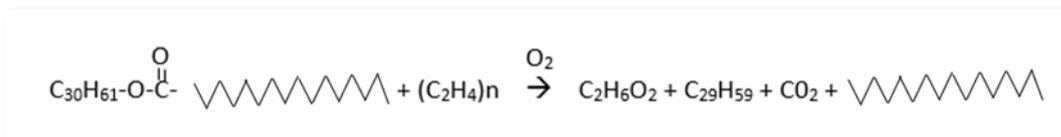


Figura 78:Reacciónquímica cuando la oruga consume PE +ALIMENTO

Se puede decir que nuestra oruga en su interior transforma o existe un pico el cual confirma la aparición de etilenglicol como en la siguiente imagen:

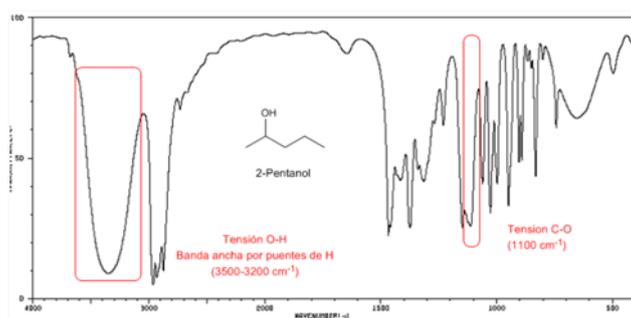


Figura 79: Análisis FTIR etilenglicol

También se puede ver en la reacción química presente la aparición de CO₂ como todo ser vivo, de forma natural y la aparición de oxígeno en dos moléculas, ya que según lo que se pudo visualizar las orugas se alimentan de polietileno, pero no se observa una desesperación por alimentarse de dicho residuo.

Análisis 3: Se analizó el excremento de la oruga *Galleria mellonella* después de haber consumido POLIETIRENO EXPANDIDO mediante espectroscopia de transmisión de infrarrojo con transformada de Fourier y se logra como resultados diferentes compuestos para identificar los grupos funcionales presentes en las muestras para interpretar los picos generados en los espectros se utilizó una tabla de absorciones características en el infrarrojo.

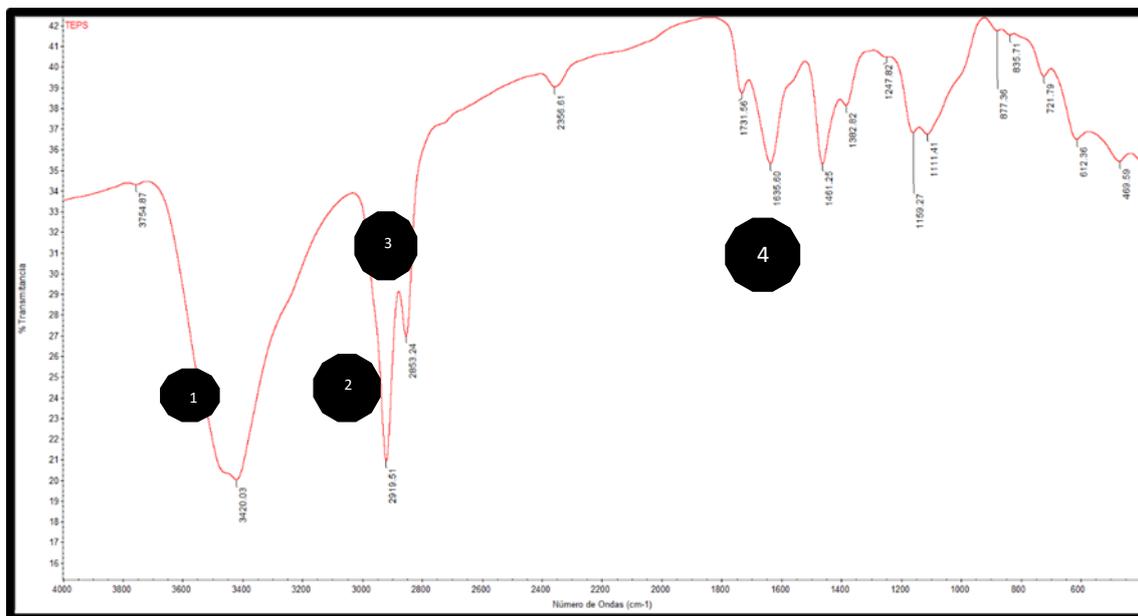


Figura 80: Análisis 3 (FTIR)

Interpretación:

Según el número de onda 3400 Y 3600 para el pico número 1 pertenece a la función alcoholes y fenoles y una banda típica estir O-H.

Según el número de onda 2800 y 3000 para el pico número 2 pertenece a la función alcanos y una banda típica estir -C-H.

Según el número de onda 2600 y 2800 para el pico número 3 pertenece a la función alcanos y una banda típica estir -C-

Según el número de onda 1600 y 1800 para el pico numero 3 pertenece a la función de compuestos carbonilicos y una banda típica Estir C=O

Interpretación de acuerdo a los resultados espectroscópicos de transmisión de infrarrojo con transformada de Fourier:

Para el segundo caso la oruga *Galleria mellonella* después de su ingesta de poliestireno expandido (tecnopor) y alimento tradicional (cera) y mediante el análisis de FTIR se encontró los grupos funcionales que son los siguientes: alcoholes y fenoles, alcanos, carbonílicos y ésteres. Llegando a la conclusión que la oruga *Galleria mellonella* lo que consume lo excreta ya que a la hora de consumir alimento tradicional (cera) está ingiriendo sustancias formadas por ésteres de los ácidos grasos con alcoholes de cadena larga y monohidroxilo y un ácido graso, lípidos simples formados de alcoholes y por ácidos carboxílicos los que componen el resto de las grasas entonces mediante el análisis realizado que las oruga *Galleria mellonella* excretan compuestos similares o derivados del alimento tradicional (cera) teniendo como coincidencia el alcohol etilén glicol por el mismo contenido ya que es una ingrediente para todas las grasas y aceites y los compuestos carbonílicos y ésteres por las mismas coincidencias de los compuestos alimento tradicional (cera). En el caso de los alcanos son hidrocarburos más simples porque contiene carbono e hidrogeno unido por enlace, y como se sabe algunos polímero sintéticos como es el polietileno o el poliestireno expandido son alcanos de cadenas que contienen miles de átomos de carbono esto quiere decir que el poliestireno expandido es químicamente un polímero simple que se obtiene de la polimerización del etileno y que a la hora que ingieren dicho residuo las orugas *Galleria mellonella* expulsan cierto compuestos, es por eso que encontramos una coincidencia más para el pico de alcanos.

Interpretación de acuerdo a los resultados espectroscópicos representados en formulas químicas:

En la tercera muestra se colocó su alimento Pamitato de miricilo (cera de abeja) y Poliestileno, donde se puede observar en la espectroscopia de transmisión de infrarrojo con transformada de Fourier (**FTIR**) lo siguiente:

Los primeros picos pertenecen a la función función alcoholes y fenoles y una banda típica estir O-H, seguidos de alcanos y una banda típica estir -C-H.

Para poder evaluar la reacción química arrojado, primero debemos saber la formula química del poliestireno expandido, la cual es:



Finalmente se obtiene la siguiente reacción química para nuestra primera muestra:

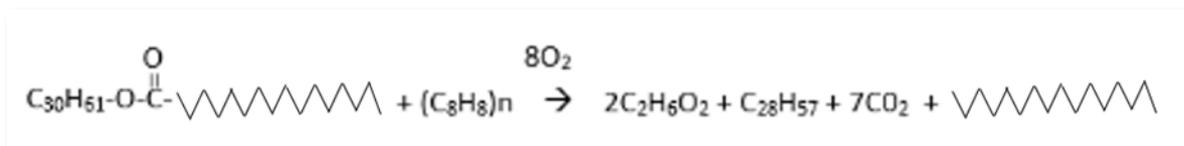


Figura 81:Reacción química cuando la oruga consume EPS +ALIMENTO

Se puede decir que nuestra oruga en su interior transforma o existe un pico el cual confirma la aparición de etilenglicol como en el caso del polietileno.

También se puede ver en la reacción química presente la aparición de CO₂ como todo ser vivo, de forma natural y la aparición de 8 O₂, ya que según lo que se observó las orugas se alimentan de poliestireno con una desesperación, o en pocas palabras le llama más la atención.

Interpretación de la composición química de los componentes volátiles para el poliestireno polietileno (bolsa de plástico) y poliestireno expandido (tecnopor):

Se analizó el excremento de la Oruga *Galleria mellonella* después de haber ingerido polietileno (bolsa de plástico) y poliestireno expandido (tecnopor) y alimento tradicional cera mediante un equipo llamado Cromatografía de gases acoplado a Espectrómetro de masas (GCMS) de modelo Shimadzu, GC-2010 Plus, donde tiene la sensibilidad y capacidad selectiva del detector de masas, cuantificar compuestos trazas en mezclas complejas con un alto grado de efectividad pero en el caso de esta investigación se analizó los compuestos orgánicos volátiles ya que nuestra muestra es sólida. En el tiempo 23.728 el equipo lo reconoce como 2,4-Decadienal,(E,E)- con formula química C₁₀H₁₆O, se realizó este tipo de análisis en mi investigación por que se obtuvo una biodegradación para el caso del polietileno y poliestireno expandido (tecnopor) , analizando así sus compuestos mediante análisis FTIR y sus compuestos volátiles, mediante espectrómetro de masas, es por ello que el detector por inyección headspace arroja dicho resultado utilizando la librería NIST, la probabilidad se mide por el SI (Similarity index) que se encuentra en cada espectro de la masa .El 2,4-Decadienal,(E,E) es una sustancia aromática muy común en algunos alimentos como es en el caso de la mantequilla ,carne cocida , papa fritas ,maní o miga del trigo ,como se sabe la conocida cera de abeja tiene un olor graso profundo y las orugas *Galleria s*

mellonellas así consuman el polietileno (bolsa de plástico) o poliestireno expandido (tecnopor) tendrán ese olor ,porque también consumieron su alimento tradicional cera .Es por eso que se analizó la parte volátil de las excretas de las orugas *Galleria s mellonella* debido al olor intenso ,poco agradable teniendo como resultado el 2,4-Decadienal,(E,E)

Tabla 17: Datos Cromatograma de la parte volátil de la muestra				
Peak#	R.Time	Area	Area%	Name
1	23.728	68612	100.00	2,4-Decadienal, (E,E)-
2	23.728	68612	100.00	2,4-Decadienal, (E,E)-

Interpretación de la tabla: En la tabla se observa la composición química de los componentes volátiles presente para el tiempo 23.728 evaluada al 100%, que da como resultado los datos de la parte volátil de las muestras, siendo así: 2,4- Decadienal, (E, E)-

Interpretación de la relación de los resultados espectroscópicos de transmisión de infrarrojo con transformada de Fourier (FTIR) y Cromatografía de gases acoplado a Espectrómetro de masas (GCMS).

Para la investigación se realizó los siguientes análisis; espectroscópicos de transmisión de infrarrojo con transformada de Fourier (FTIR) por que su objetivo era determinar y conocer que contenía al eliminarlo por su organismo (excreta) de la oruga *Galleria mellonella* después de haber consumido los polímeros y Cromatografía de gases acoplado a Espectrómetro de masas (GCMS) para analizar su componente volátil y como actúa en el medio. La relación de estos análisis son que mediante espectros determinamos los compuestos mediante análisis FTIR donde para las 3 muestras encontramos coincidencias de compuestos esto se debía por la cera de abeja luego de ser interpretados se analizó la parte volátil, gracias a este tipo de análisis se supo el compuesto orgánico presente encontrando 1 en general 2,4-Decadienal, (E, E)- y tiene como fórmula química $C_{10} H_{16} O$ son aldehídos reconocidos como compuestos esenciales en los perfiles volátiles y esto se debe que la cera de abeja está compuesta por ácidos grasos debido a esto que su excretas tiene un olor específicos .

IV. DISCUSIÓN

En su investigación “Biodegradación del polietileno de baja densidad, mediante el uso del lepidóptero *Gallería mellonella* bajo condiciones térmicas controladas” se concluyó el tamaño ideal del lepidóptero *Gallería mellonella* para realizar una mejor biodegradación del polietileno de baja densidad es de 22 mm a 27 mm y la temperatura optima del lepidóptero para poder obtener mejores resultados en la biodegradación del polietileno de baja densidad es de 25°C debido a que es un ambiente donde pueden adaptarse tranquilamente **Velasco, Miguel (2017)** y en su investigación “Eficiencia del homogenizado proveniente del tracto digestivo de la *Galleria mellonella* en la biodegradación de dos tipos de polietileno de baja densidad ” se concluyó que se determinó la eficiencia en términos de tiempo los resultados obtenidos indicaron existencia de biodegradación. 6% y con el volumen de 10 ml fue de 9.79%, lo que representaría un promedio parcial de 4.60% **Revilla .Sandra (2018)** por consiguiente en la presente investigación se trabajó con la bolsa de plástico (polietileno) y con otro tipo de residuo muy utilizado el tecnopor (poliestireno expandido) donde mediante temperatura y humedad controlada se confirmó una pérdida de masa modificando así de forma más eficiente la superficie para el tecnopor por acción de la oruga *Galleria mellonella*.

En su investigación “Biodegradación de poliestireno utilizando microorganismos presentes en el Humus de lombriz durante los meses, octubre - diciembre 2016” se concluyó que la mayor biodegradación se observó en el fondo de la maceta durante los 90 días con un porcentaje de biodegradación total del 9.4%, además se comprobó que los géneros bacterianos anteriormente mencionados, siguen prevaleciendo en el humus de lombriz, demostrando su capacidad degradativa **Chunga. Lourdes y Cieza. Carlos (2017)** y en la investigación “Biodegradación de la Espuma de Poliestireno por la larva del Tenebrio molitor para la producción de Abono, 2017” se concluyó que las eficiencias fueron de 12,20% de consumo para el tratamiento de EPS D10 por 8 días, 2,60% en producción de excreta con EPS D40 por 8 días y una pérdida de biomasa de 2,84 % con EPS D 10 por 4 días **Daviran. Peter (2017)** por consiguiente en la presente investigación se realizó en un tiempo de 12 horas, menor tiempo que las investigaciones mencionadas donde no fue necesario que pase semanas o meses para la biodegradación de dichos residuos afirmando así una pérdida de masa en la superficie para los tipos.

En su investigación “Degradación de la película de Polietileno con un Aditivo Pro-Oxidante durante el Compostaje” Se concluyó que la mezcla utilizada fue la adecuada, ya que se obtuvo un buen proceso de compostaje y composta y por otra parte la película plástica que contenía el aditivo de cobalto fue la que presentó oxidación en su estructura tiempo de experimentación fue de 90 días **Ávarez, Arturo (2015)** En su investigación “Biodegradación de polietileno tereftalato (PET) por acción de *Pseudomona aeruginosa*, en condiciones de laboratorio” 35 gramos de polietileno tereftalato en polvo que fue obtenido de botellas de agua CIELO, para la posterior aplicación de nueve tratamientos donde se inocularon concentraciones de *Pseudomona aeruginosa* durante un periodo de 35 días biodegrada un 19.93% de polietileno tereftalato **Barbarán, Hellen; Cabanillas, Lilian y Rubio, Yoselin(2018)** el proceso de degradación en su investigación “La eficiencia del hongo *Pestalotiopsis spp* en la biodegradación de los tipos de plásticos (Poliuretano, polietileno de baja densidad y Poliestireno de cristal), a nivel de laboratorio, 2016” publicado por la Universidad César Vallejo en Lima, Perú la siguiente investigación se realizó para determinar el tipo de plástico *pestalotiopsis* microspora ya que hasta el momento no existe ninguna investigación sobre Poliestireno de cristal donde el hongo *Pestalotiopsis spp* es más eficiente en su biodegradación **Barja. Carlos (2016)**

En su investigación “Biodegradación bacteriana de polietileno de baja densidad bajo condiciones controladas en biorreactores AIR LIF ” degradar la bolsas plásticas de polietileno de baja densidad manejando para ello birreactores de tipo air lift en su método sumergido y teniendo como única fuente de carbono y energía la bolsa de polietileno de baja densidad , logrando aislar el microbio que desarrolla en lámina de polietileno de baja densidad perteneciente a las especies *Pseudomonas sp*, *Edwardsiella sp* y *Alcaligenes sp* , además se considera como el más eficiente en biodegradación de polietileno se adaptó en las condiciones por la actividad microbiana dentro de un rango de 6.4 – 8.3 Hp a temperaturas 24°C tiene como característica un medio acuoso donde se observa la pérdida de peso PEBD provenientes del metro final de la operación del funcionamiento del birreactor y cambios de la estructura del polietileno como son cloración .Obteniendo resultados en los birreactores y probando la degradación de polietileno donde se pudo detectar enturbiamiento del medio lo que hace que el desarrollo de biomasas bacteriana realice respectivitos recuentos bacterianos al inicio de dicha operación 0 días, 3 días y al final de la operación 7 días **Cáceres .Osmar (2012)** por consiguiente en la presente investigación no se necesitó muchos procesos y estar en contacto físico la oruga *Galleria mellonella* con el polietileno

y poliestireno expandido no fue dificultoso, se necesitó controlar el tiempo y otros parámetros sencillos y su acción de la oruga *Galleria mellonella* confirma una pérdida de masa en la superficie del polietileno y poliestireno expandido.

En su investigación “Gaining insights in the microbial degradation of polyethylene plastics” en conclusión la comunidad microbiana natural expuesta al PE en el medio ambiente aislaron 10 bacterias que revelaron la capacidad de crecer en PE como solo fuente de energía y carbono. La bacteria, *Pseudomonas aeruginosa* UC4003, mostró la mayor tasa de crecimiento en medio de sal mínimo y polietileno. Cuando creció en PE, esta cepa produjo una enzima extracelular, activador similar a la proteína para la oxidación de n-alcenos (PA), involucrado en el primer paso de la degradación del polietileno **Romaniello. Francesco (2013)** En su investigación “Biodegradation of low-density polyethylene (LDPE) by isolated fungi in solid waste medium” Los resultados obtenidos al monitorear el proceso utilizando hongos aislados en condiciones estériles indican que estos hongos pueden crecer en medio de desechos sólidos **Zahra.S, Abbas. SS, Mahsa. MT, Mohsen.N (2010)** En su investigación publicada para la revista Current Biology “Polyethylene bio-degradation by caterpillars of the wax moth *Galleria mellonella* ” Para probar si el polímero de PE se degradó químicamente por contacto con el gusano homogeneizado, se realizó un análisis FTIR. Sin embargo, cuando se apuntó la sonda en una muestra manchada con gusano homogeneizado, se observó un pico adicional a $3,350\text{ cm}^{-1}$. Este pico de FTIR corresponde al descrito anteriormente como la firma del etilenglicol por consiguiente a diferencia de mi presente investigación la oruga *Galleria mellonella* consume cera, su alimento tradicional y su estructura de carbono es similar al polietileno es por ello que ellas tienen la acción de biodegradación y su transformación química da como resultado diferentes compuestos para identificar los grupos funcionales.

V. CONCLUSIONES

1. Se confirmó una eficiencia de biodegradación para los dos tipos de residuo polietileno (bolsa de plástico transparente) y poliestireno expandido (tecnopor) lo cual explica la pérdida de masa significativa en un tiempo de 12 horas con 10 orugas *Galleria mellonella* .

2.

- Se concluyó la pérdida de masa significativa para las muestras 2 ,3,4 del polietileno lo que explica y confirma una eficiencia de biodegradación por acción de la oruga *Galleria mellonella* de 1% ,2% y 1% considerando que cada muestra estaba compuesta por alimento tradicional cera y el residuo lo que significo una dificultad para dicha biodegradación.
- Se concluyó la pérdida de masa significativa para las muestras 5 ,6,7 y 8 del polietileno lo que explica y confirma una eficiencia de biodegradación por acción de la oruga *Galleria mellonella* de 3% ,1% 2% Y 7 %.

3.

- Se concluyó la pérdida de masa significativa para las muestras 2 ,3,4 del poliestireno expandido lo que explica y confirma una eficiencia de biodegradación por acción de la oruga *Galleria mellonella* de 12%,3 % y 5%, considerando que cada muestra estaba compuesta por alimento tradicional cera y el residuo lo que significo una dificultad para dicha biodegradación a pesar de ello se halló mayor pérdida de masa a diferencia del polietileno.
- Se concluyó la pérdida de masa significativa para las muestras 5 ,6,7 y 8 del poliestireno expandido lo que explica y confirma una eficiencia de biodegradación por acción de la oruga *Galleria mellonella* de 11%,4%,7% y 13%, considerando mayor pérdida de masa a diferencia del polietileno.

VI. RECOMENDACIONES

1. Extender los estudios expuestos en esta tesis a otra escala, considerando más orugas *Galleria mellonella* y en otro tiempo transcurrido para determinar mayor eficiencia de biodegradación.
2. Realizar nuevas investigaciones con otros tipos de polietileno para determinar mayor o menor eficiencia de biodegradación.
3. Realizar nuevas investigaciones con otros tipos de poliestireno expandido para determinar mayor o menor eficiencia de biodegradación.

REFERENCIAS

- ABDULLAHI. M, SAIDU. BT. Biodegradation of Polythene and plastic using fadama soil amended with organic and inorganic fertilizer. Departamento de Ciencias Básicas y Aplicadas, Politécnico del Estado de Niger, Zungeru .2013.
ISSN: 0976-2876 (Print) - ISSN: 2250-0138 (Online)
Disponible :https://www.ijsr.in/upload/784304256CHAPTER_4.pdf
- ÁVAREZ, Arturo. Degradación de la película de Polietileno con un Aditivo Pro-Oxidante durante el Compostaje. Universidad Nacional Autónoma de México. México.2014.
Disponible:<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/6974/tesis.pdf.pdf?sequence=1>
- BARJA, Carlos. La eficiencia del hongo *Pestalotiopsis* spp en la biodegradación de los tipos de plásticos (Poliuretano, polietileno de baja densidad y poliestireno de cristal), a nivel de laboratorio, 2016. Universidad Cesar Vallejo. Lima .2016.
Disponible:http://181.224.246.201/bitstream/handle/UCV/817/Barja_TCA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- BARBARÁN. Hellen, CABANILLAS. Lilian y RUBIO. Yoselin. Biodegradación de polietileno tereftalato (PET) por acción de *Pseudomona aeruginosa*, en condiciones de laboratorio. Universidad Cesar Vallejo. Lima.2018.
Disponible :<http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/32118>
- BOMBELLI. Paolo, J. HOWE. Christopher, BERTOCCHINI. Federica. Polyethylene bio-degradation by caterpillars of the wax moth *Galleria mellonella* . Current Biology Volumen 27, Número 8, PR292-R293, 24 de Abril de 2017 .Disponible:[https://www.cell.com/current-biology/abstract/S09609822\(17\)30231-2](https://www.cell.com/current-biology/abstract/S09609822(17)30231-2)
- CÁCERES. Osmar. Biodegradación bacteriana de polietileno de baja densidad bajo condiciones controladas en biorreactores AIR LIF. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María .1022.
Disponible:<http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/356/T.AMB-2.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- CHUNGA, Lourdes y CIEZA, Carlos. Biodegradación de poliestireno utilizando microorganismos presentes en el Humus de lombriz durante los meses, octubre - diciembre 2016. Universidad de Lambayeque. Chiclayo. 2017.

Disponible:https://repositorio.udl.edu.pe/bitstream/UDL/83/3/TESIS_BIODEGRADACION.pdf

- DAVIRAN. Peter. Biodegradación de la Espuma de Poliestireno por la larva del Tenebrio molitor para la producción de Abono. Universidad Cesar Vallejo. Lima.2017.
Disponible:http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/22578/Daviran_YP.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- DELGADO. Amalia. El tecnopor: la amenaza invisible. Clima de cambios PUCP Lima .2018.
Disponible :<https://www.pucp.edu.pe/climadecambios/noticias/el-tecnopor-la-amenaza-invisible/>
- DEY. U, MONDAL. NK, DAS. K, DUTTA. S. An approach to polymer degradation through microbes. IOSR Journal of Pharmacy. Vol. 2, Issue 3, May-June, 2012, pp.385-388.
Disponible en:
<https://pdfs.semanticscholar.org/8a6d/864053a9e505eecf0db915f652d34137860f.pdf>
- ESMAEILI. A, POURBABAEI. AA, ALIKHANI. HA, SHABANI. F, ESMAEILI. E. Biodegradation of low-density polyethylene (LDPE) by mixed culture of Lysinibacillus xylanilyticus and Aspergillus niger in soil. Universidad de Kansas Estados Unidos .2013.
Disponible:<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0071720>
- GOODMAN, R. (2003). This Agricultural Note was developed This Agricultural Note was developed by Department of Environment and Primary Industries.
- GUTIÉRREZ. Karen. Influencia de factores de crecimiento microbiano en la degradación de polietileno de baja densidad por la bacteria pseudomona aeruginos en Huancayo. Universidad Continental. Huancayo .2018.
Disponible en:<https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/4507>
- ERALDO DE JESÚS. A (2002) En su investigación. Evaluation of the Capacity Biodegradadora de Fungos in Poliméricos. Universidad Federal de Pernambuco centro de tecnología e Geociencias.

Disponible:

https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/6889/1/arquivo8099_1.pdf

- GHOSH. S, PAL.S, RAY.S. Study of microbes having potentiality for biodegradation of plastics. Environmental Science and Pollution Research volume. (2013).

Disponible: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23613206>

- MARTÍN. Alejandra. Estudio preliminar de biodegradación del plástico por bacterias marinas. Universidad de la Laguna .2017.

Disponible:

<https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/5762/Estudio+preliminar+de+la+biodegradacion+de+plasticos+por+bacterias+marinas.pdf?sequence=1>

- MALDONADO.S .10 datos gráficos sobre los plásticos. Oceana protegiendo los Océanos del Mundo .2018.

Disponible en:<https://peru.oceana.org/es/blog/10-datos-graficos-sobre-los-plasticos-de-un-solo-uso>

- MAHALAKSHMi. V, SIDDIQ. A, ANDREW. Analysis of polyethylene degrading potentialsof microorganisms isolated from compost soil. Universidad Bharathiar, Coimbatore, Tamilnadu, India.2012.

ISSN 0976 – 3333

Disponible:https://www.researchgate.net/publication/324656253_Analysis_of_Polyethylene_Degrading_Potentials_of_Microorganisms_Isolated_From_Compost_Soil

- MÉNDEZ. Carmen, VERGARAY. Germán, BÉJAR. Vilma y CÁRDENA. Karina. Aislamiento y caracterización de micromicetos biodegradadores de polietileno. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Biológicas. Lima .2007.

ISSN 1727-9933

Disponible :<http://www.scielo.org.pe/pdf/rpb/v13n3/v13n03a08.pdf>

- MEZA. Fabián. Biodegradabilidad de Polietileno Tereftalato y de Oxopolietileno, a nivel de laboratorio, por la acción de bacterias nativas presentes en humus de lombriz, caballo y gallina. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.Sangolquí.2013.

Disponible:<http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/6261>

- NEIRA. M. y MANQUIAN. N. Neira M, Manquian, N. Apuntes prácticos de apicultura. Material curso: Apicultura básica (PSVE 232). Universidad Austral de Chile, Instituto de Producción y Sanidad Vegetal. Valdivia, Chile. 2004; 111
Disponible:<https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/facccbiol/article/viewFile/2133/2028>
- NOWAK. B, PAJAK. J, DROZD-BRATKOWICZ .M, RYMARZ. G .Microorganisms participating in the biodegradation of modified polyethylene films in different soils under laboratory conditions. El sevier Volume 65, Issue 6, September 2011, Pages 757-767. Editorial Board.
Disponible:<http://agris.fao.org/agrissearch/search.do?recordID=US201600062173>
- OCEANO. Protegiendo los océanos del mundo.
Disponible <https://peru.oceana.org/es/que-hacemos>
- Palmisano .AC, Pettigrew. CA .Biodegradability of plastics. American Institute of Biological Sciences Vol. 42, No. 9 (oct., 1992), pp. 680-685.
Disponible en:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2769161/>
- SAHEBNAZAR.Z, SHOJAOSADATI.S, MOHAMMAND –TAHERI, NOSRATI. MOHSEN. Biodegradación de polietileno de baja densidad (LDPE) por hongos aislados en medio de residuos sólidos. El sevier Volumen 30, Issue 3, March 2010, Pages396-401.Editorial-Objetivos y alcance.
Disponible:[file:///C:/Users/ASUS/Downloads/65-Article%20Text-129-1-10-20170315%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/ASUS/Downloads/65-Article%20Text-129-1-10-20170315%20(1).pdf)
- REVILLA. Sandra. Eficiencia del homogenizado proveniente del tracto digestivo de la *Galleria mellonella* en la biodegradación de dos tipos de polietileno de baja densidad, lima - 2018. Universidad Cesar Vallejo. Lima.2018.
Disponible en:[file:///C:/Users/ASUS/Downloads/Revilla_TSM%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/ASUS/Downloads/Revilla_TSM%20(2).pdf)
- RODRÍGUEZ. Luis. CICLO BIOLÓGICO DE *Galleria mellonella* linnaeus (LEPIDOPTERA: PYRALIDAE). Universidad Nacional Agraria de la Molina. Lima. 2015.
Disponible:<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2107/H10-R67-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- ROMANIELLO. Francesco “Gaining insights in the microbial degradation of polyethylene plastics. Università Cattolica del Sacro Cuore. Piacenza .2018.
Disponible:<http://search.ndltd.org/search.php?q=+biodegradacion+of+polyethylene+>
- SAMPER. M, RICO. M, FERRANDIZ. S y LÓPEZ. J. Reducción y caracterización del residuo de poliestireno expandido. Universidad Politécnica de Valencia. España. 2008.
Disponible:https://scholar.google.com/scholar?rlz=1C1SQJL_esPE805PE805&um=1&ie=UTF-8&lr&q=related:pxCNeiwywdvGgM:scholar.google.com/
- SOWMYA. HV, RAMALINGAPPA, KRISHNAPPA, THIPPESWAMY .B .Low density polyethylene degrading fungi isolated from local dumpsite of Shivamogga district. Science Publishing Corporation.Alemania .2014
ISSN: 2307-9029
Disponible :<https://www.sciencepubco.com/index.php/IJBR/article/view/2877>
- TERÁN. María. Estudio de la biodegradabilidad aeróbica de polietileno de alta densidad mediante compostaje con aditivos degradable. Pontifica Universidad Católica del Ecuador.Quito.2017.
Disponible:<http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/13225/%e2%80%9cEstudio%20de%20la%20biodegradabilidad%20aer%c3%b3ica%20de%20polietileno%20de%20alta%20densidad%20mediante%20compostaje%20con.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- URIBE. D, GIRALDO. D, GUTIERREZ. S, MERINO. F. Biodegradación de polietileno de baja densidad por acción de un consorcio microbiano aislado de un relleno. Universidad Mayor de Sam Marcos. Lima.2010.
Disponible :http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-99332010000100017
- VELASCO, Miguel. Biodegradación del polietileno de baja densidad, mediante el uso del lepidóptero Gallería mellonella bajo condiciones térmicas controladas en el 2017. Universidad Cesar Vallejo. Lima. 2017.
Disponible:http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/12614/Velasco_U MJ.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- VIEYRA. H. Elaboración de polímeros biodegradables polietileno - almidón y estudios de biodegradabilidad. Instituto poliectino Nacional. Mexico .2011.

Disponible:http://lareferencia.redclara.net/vufind/Record/MX_e38edfc46cd618be5a0e71d0fb22ebe3

- WILLIAMS, J. (1990). Insects: Lepidoptera (moths) In: Morse, R y Nowogrodski, R. (eds). Honey bee pests, predators, and diseases. Sec. Edition. USA. p 96-120.
- YEPES. Laura Degradación de Polietileno de Baja Densidad Utilizando Hongo. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá. 2014

Disponible:

<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/16184/YepesAguirreLauraMaria2014.pdf?sequence=1>

ZAHRA. S, ABBAS .SS, MAHSA. MT, MOHSEN .N .Biodegradation of low-density polyethylene (LDPE) by isolated fungi in solid waste medium. Universidad Tarbiat Modares. Iran. 2009

Disponible:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19919893>

ANEXOS

ANEXO 1 Matriz de consistencia:

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	MEDIDAS				
<p>PROBLEMA GENERAL -¿Cuál es la eficiencia de la biodegradación para el polietileno (PE) y poliestireno expandido (EPS) por acción de la oruga <i>Galleria mellonella</i> ?</p> <p>PROBLEMA ESPECÍFICO -¿Cuál es la eficiencia de la biodegradación para el polietileno (PE) por acción de la oruga <i>Galleria mellonella</i> ?</p> <p>-¿Cuál es la eficiencia de la biodegradación para el poliestireno expandido (EPS) por acción de la oruga <i>Galleria mellonella</i> ?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL -Determinar la eficiencia de la biodegradación para el polietileno (PE) y poliestireno expandido (EPS) por acción de la oruga <i>Galleria mellonella</i> .</p> <p>OBJETIVO ESPECÍFICOS -Determinar la eficiencia de la biodegradación para el polietileno (PE) por acción de la oruga <i>Galleria mellonella</i> .</p> <p>-Determinar la eficiencia de la biodegradación para el poliestireno expandido (EPS) por acción de la oruga <i>Galleria mellonella</i> .</p>	<p>HIPÓTESIS GENERAL -La eficiencia de la biodegradación para el polietileno (PE) y poliestireno expandido (EPS) por acción de la oruga <i>Galleria mellonella</i> es significativa.</p> <p>HIPÓTESIS ESPECÍFICOS -La eficiencia de la biodegradación para el polietileno (PE) por acción de la oruga <i>Galleria mellonella</i> es significativa.</p> <p>-La eficiencia de la biodegradación para el poliestireno expandido (EPS) por acción de la oruga <i>Galleria mellonella</i> es significativa.</p>	<p>Biodegradación de PE y EPS (INDEPENDIENTE)</p>	Eficiencia de la biodegradación de polietileno (PE).	Peso inicial	g				
					Peso final	g				
					Diferencias de masas	g				
								Eficiencia de la biodegradación de poliestireno expandido (EPS).	Peso inicial	g
									Peso final	g
									Diferencias de masas	g
	Biodegradación por acción de la oruga <i>Galleria mellonella</i> .	Temperatura	°C							
		Humedad	%							
		Tiempo	hr							
	Características de la oruga <i>Galleria mellonella</i> .	Transformación química. Cromatografía de gases acoplado a Espectrómetro de masas.	cm							
		Alimentación	g							
		Tamaño	27 mm a 27 mm							
	Color	Blanco cremoso								

ANEXO 2 Instrumentos de recolección de datos:

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO			
Registro de campo para la recolección de la oruga <i>Galleria mellonella</i>		Características	
		Familia	Pyralidae
		Especie	G.mellonella
		Genero	Galleria
Datos	Descripción	 	Fotografías
Fecha	03/03/2019		
Hora	10:AM		
Localidad	Santa Eulalia		
Distrito	Santa Eulalia		
Provincia	Huachochiri		
Departamento	Lima		

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		
Registro de recolección del PE y EPS		
PE	Peso inicial del alimento(g)	4g
	Peso inicial del residuo(g)	4g
	Fecha	01/03/2019
	Hora	9:00AM
	Otros	bolsa de polietileno sin cierre transparente de 5 X 35 CM
EPS	Peso inicial del alimento(g)	4g
	Peso inicial del residuo(g)	4g
	Fecha	02/03/2019
	Hora	10:AM
	Otros	

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		Registro para las condiciones del Invernadero		
T	Muestras	Tiempo (hr)	Temperatura (°C)	Humedad (%)
T1 (PE)	Muestra 1	12	24.3	69
	Muestra 2	12	24.6	69
	Muestra 3	12	24.8	69
	Muestra 4	12	25.2	69
	Muestra 5	12	24.2	69
	Muestra 6	12	24.8	69
	Muestra 7	12	24.3	69
	Muestra 8	12	24.6	69
T 2 (EPS)	Muestra 1	12	25.0	69
	Muestra 2	12	25.1	69
	Muestra 3	12	24.6	69
	Muestra 4	12	24.5	69
	Muestra 5	12	26.1	69
	Muestra 6	12	25.1	69
	Muestra 7	12	24.7	69
	Muestra 8	12	24.5	69

UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		Registro para el desarrollo del tratamiento 1 y tratamiento 2				
T	MUESTRAS	1 g	Peso inicial del alimento (g)	Peso final del alimento (g)	Peso inicial del residuo (g)	Peso final del residuo (g)
T1 (PE)	Muestra 1	A (100%)	1,000	0,864	-	-
	Muestra 2	A (75%)+PE (25%)	0,750	0,732	0,250	0,247
	Muestra 3	A (50%)+PE (50%)	0,500	0,460	0,500	0,481
	Muestra 4	A (25%)+PE (75%)	0,250	0,236	0,750	0,740
	Muestra 5	PE (100%)	-	-	1,000	0,978
	Muestra 6	PE (75%)	-	-	0,750	0,745
	Muestra 7	PE (50%)	-	-	0,500	0,481
	Muestra 8	PE (25%)	-	-	0,250	0,181
T 2 (EPS)	Muestra 1	A (100%)	1,000	0,864	-	-
	Muestra 2	A (75%)+PE (25%)	0,750	0,726	0,250	0,130
	Muestra 3	A (50%)+PE (50%)	0,500	0,456	0,500	0,471
	Muestra 4	A (25%)+PE (75%)	0,250	0,235	0,750	0,707
	Muestra 5	PE (100%)	-	-	1,000	0,895
	Muestra 6	PE (75%)	-	-	0,750	0,712
	Muestra 7	PE (50%)	-	-	0,500	0,436
	Muestra 8	PE (25%)	-	-	0,250	0,123

ANEXO 4 (Informe de análisis FTIR y GCMS)



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)

FACULTAD DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA
Central: 619 7000 anexos 1202, 1203, 1205, 1206, 1207 Telefax: 1209, 1218
Ciudad Universitaria – Av. Venezuela s/n – Lima 1

Lima, 28 de mayo de 2019

Señorita
Carmen Patricia Espejo Morales
Presente.-

De mi consideración:

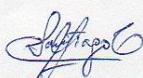
Es muy grato saludarla y al mismo tiempo entregarle el Informe de Análisis por Espectroscopía Infrarroja de las muestras entregadas: AC: Alimento Cera; TEPS: Tecnopor EPS; PEP: PE Plástico. Estos análisis se realizaron en el Laboratorio de Investigación y Desarrollo del Departamento Académico de Química Orgánica.

Muestras	Picos principales (cm ⁻¹)
AC	3439, 2919, 2853, 1727, 1638, 1461, 1388, 1057
TEPS	3420, 2919, 2853, 1731, 1635, 1461, 1382, 1159, 1111
PEP	3460, 3420, 2954, 2929, 1634, 1095, 613

Los espectros FT-IR correspondientes a estas muestras se encuentran en anexo.

Agradeciendo su amable atención, le reitero mis cordiales saludos.

Atentamente,


Dr. Julio César Santiago Contreras
Director (e) Dpto. de Química Orgánica
FQIQ – UNMSM

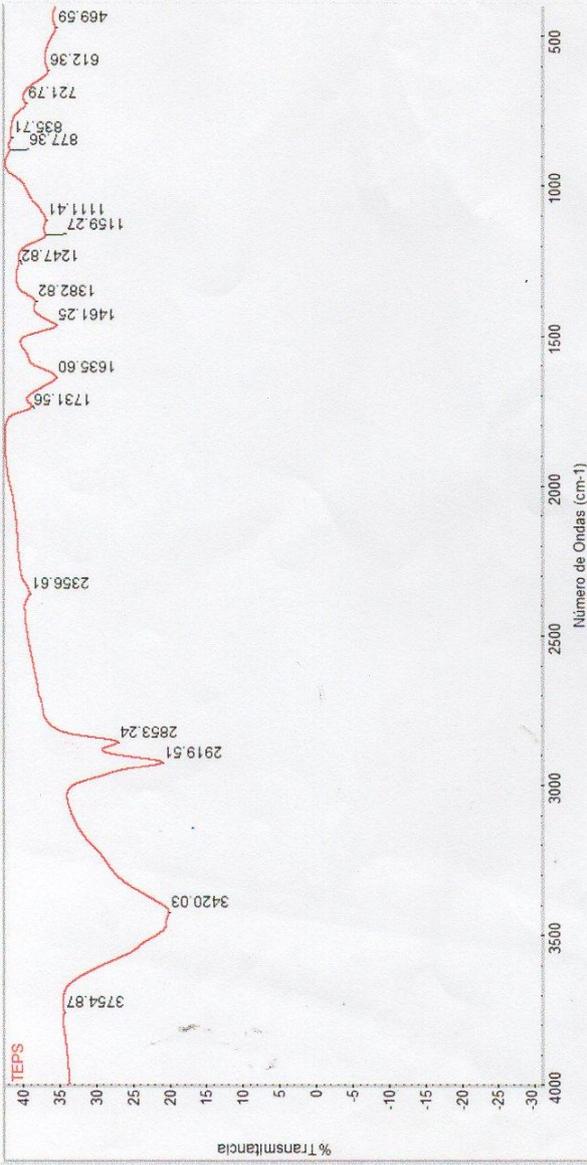


Anexos: Espectros FT-IR de las muestras AC; TEPS y PEP

ThermoFisher
SCIENTIFIC

Mie Jul 03 11:08:48 2019 (GMT-05:00)

TEPS



Nombre de usuario

Número de barridos de la muestra: 38

Número de barridos del fondo: 38

Resolución: 32 000

Gainancia de la muestra: 2.0

Velocidad del espejo: 0.4747

Apertura: 80.00

Laboratorio de Investigación y Desarrollo
Química Orgánica

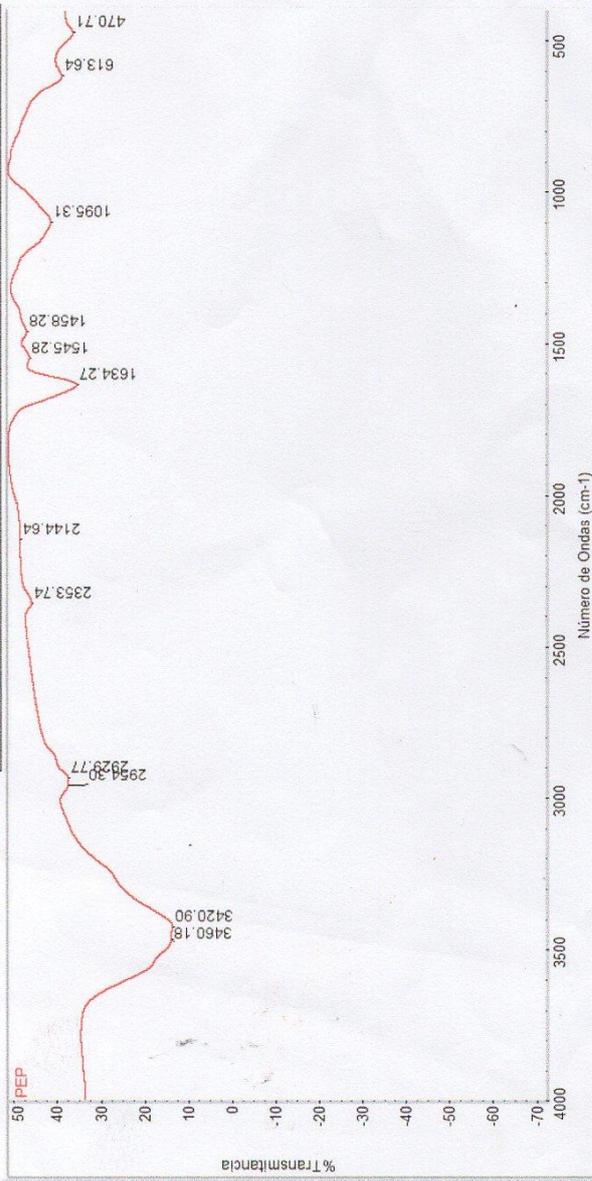
[Signature]
Dr. Julio González Contreras

Firmado por

ThermoFisher
SCIENTIFIC

Mie Jul 03 11:05:53 2019 (GMT-05:00)

PEP



Nombre de usuario

Número de barridos de la muestra: 38

Número de barridos del fondo: 38

Resolución: 32 000

Ganancia de la muestra: 2.0

Velocidad del espejo: 0.4747

Apertura: 80.00

Firmado por

 Laboratorio de Investigación y Desarrollo
de Química Orgánica

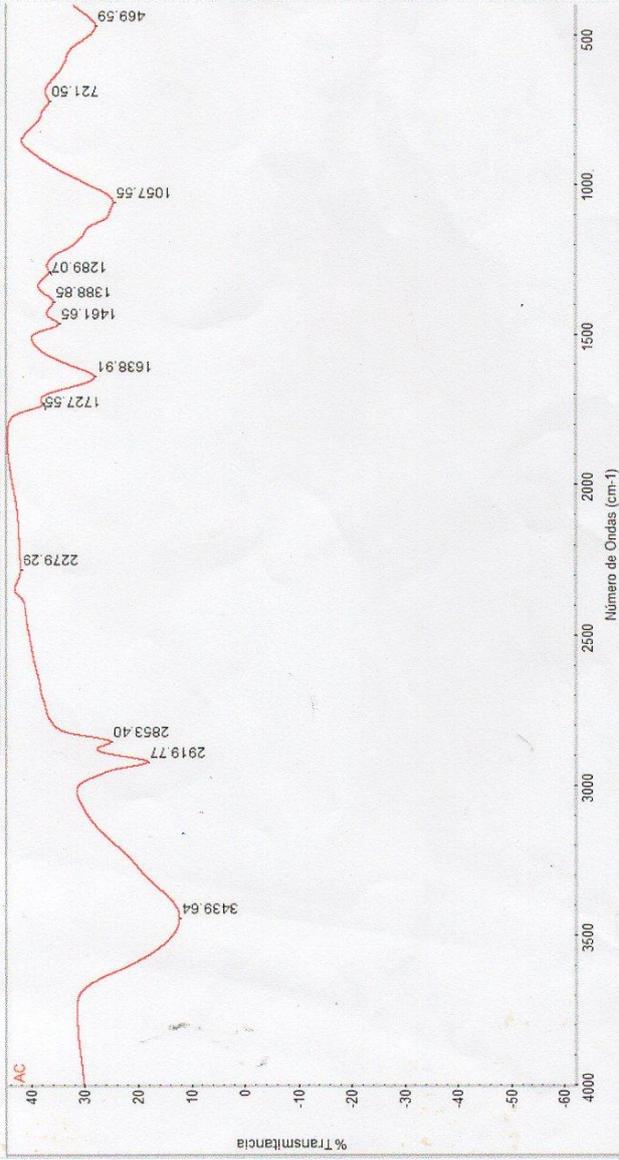


Dr. Julio Santiago Contreras

ThermoFisher
SCIENTIFIC

Mie Jul 03 11:13:45 2019 (GMT-05:00)

AC



Nombre de usuario

Número de barridos de la muestra: 38

Número de barridos del fondo: 38

Resolución: 32.000

Ganancia de la muestra: 2.0

Velocidad del espejo: 0.4747

Apertura: 80.00



Laboratorio de Investigación y Desarrollo
de Cienfuegos

Dr. José Saffirio Contreras

Firmado por

ANEXO

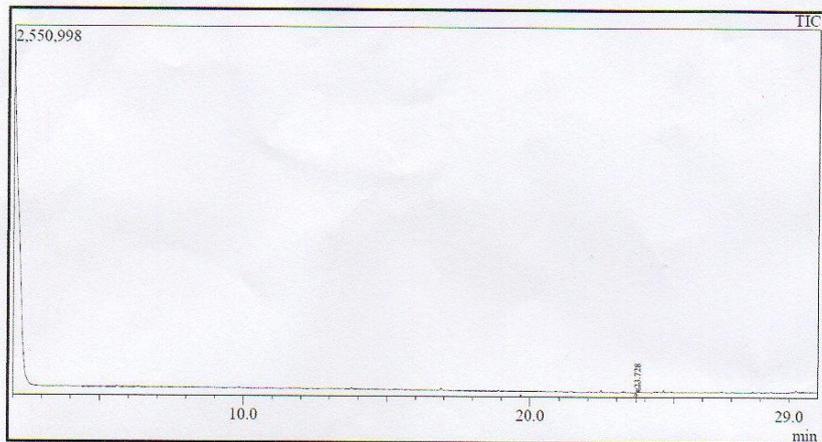


FIGURA N°1. CROMATOGRAMA DE LA PARTE VOLÁTIL DE LA MUESTRA

TABLA N°1. DATOS CROMATOGRAMA DE LA PARTE VOLÁTIL DE LA MUESTRA

Peak#	R.Time	Area	Area%	Name
1	23.728	68612	100.00	2,4-Decadienal, (E,E)-
		68612	100.00	

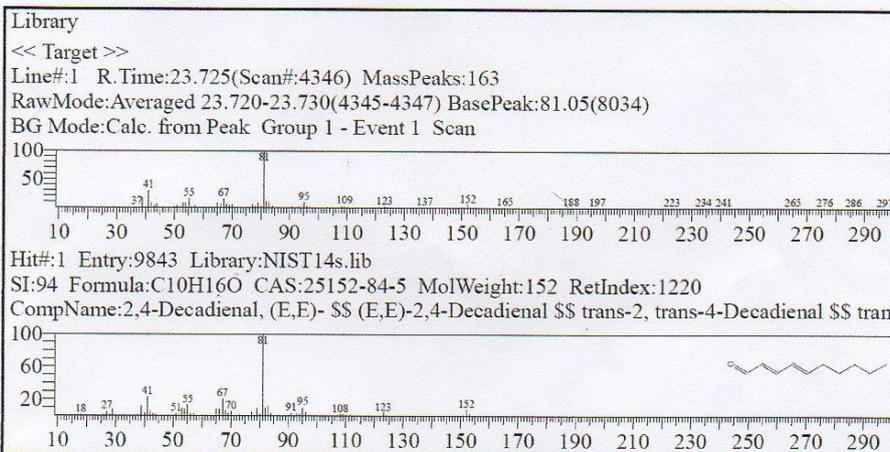


FIGURA N°2: ESPECTRO DE MASAS DEL COMPUESTO DETERMINADO EN LA PARTE VOLÁTIL DE LA MUESTRA





INFORME TÉCNICO N° 1201 – 19 – LABICER

1. **DATOS DEL SOLICITANTE**
 - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : CARMEN PATRICIA ESPEJO MORALES
 - 1.2 D.N.I. : 75420959
2. **CRONOGRAMA DE FECHAS**
 - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 16 / 07 / 2019
 - 2.2 FECHA DE ANÁLISIS : 17 / 07 / 2019
 - 2.3 FECHA DE EMISIÓN : 19 / 07 / 2019
3. **ANÁLISIS SOLICITADO** : ANÁLISIS CUALITATIVO POR CROMATOGRAFÍA DE GASES
4. **DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN EL SOLICITANTE**
 - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : 01 MUESTRA DE EXCRETA SOLIDA DE LA ORUGA GALLERIA MELLONELLA, QUE HABITAN EN COLMENAS DE ABEJAS. EXCRETA DESPUÉS DE CONSUMIR POLIESTIRENO EXPANDIDO
5. **LUGAR DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA** : LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. **CONDICIONES AMBIENTALES** : Temperatura: 21.5°C; Humedad relativa: 65 %
7. **MÉTODO UTILIZADO** : CROMATOGRAFÍA DE GASES ACOPLADA A ESPECTROMETRÍA DE MASAS
8. **EQUIPOS UTILIZADOS**

CROMATÓGRAFO DE GASES. SHIMADZU, GC-2010 Plus.
 • Automuestreador: SHIMADZU, AOC-6000.
 • Detector de espectrometría de masas: SHIMADZU, GCMS-QP210 Ultra.
 COLUMNA GC: RESTEK. RTX-5MS, 30m x 0.25 mm ID x 0.25 µm df. Serial: 1346249.

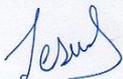
9. RESULTADOS

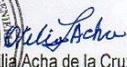
ANÁLISIS	RESULTADOS
	<i>Análisis por Inyección Headspace</i>
<i>Composición química de los componentes volátiles</i>	Se encontró el compuesto orgánico: 2,4-Decadienal, (E,E) en la parte volátil de la muestra.

NOTA: La lista de compuestos mostrados para cada muestra es el resultado probabilístico obtenido por el software del equipo GCMSsolution de SHIMADZU utilizando la librería NIST. La probabilidad se mide por el SI (Similarity index) que se encuentra en cada espectro de masa (en el texto superior a la gráfica).

14. VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO

El Informe técnico es válido solo para la muestra y las condiciones indicadas en los ítems del uno (1) al cuatro (4) del presente informe técnico.


 Bach. Jesús Utano Reyes
 Analista
 LABICER – UNI


 MSc. Otilia Acha de la Cruz
 Responsable de Análisis
 Jefa de Laboratorio
 CQP 202

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra.